

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005年2月3日 (03.02.2005)

PCT

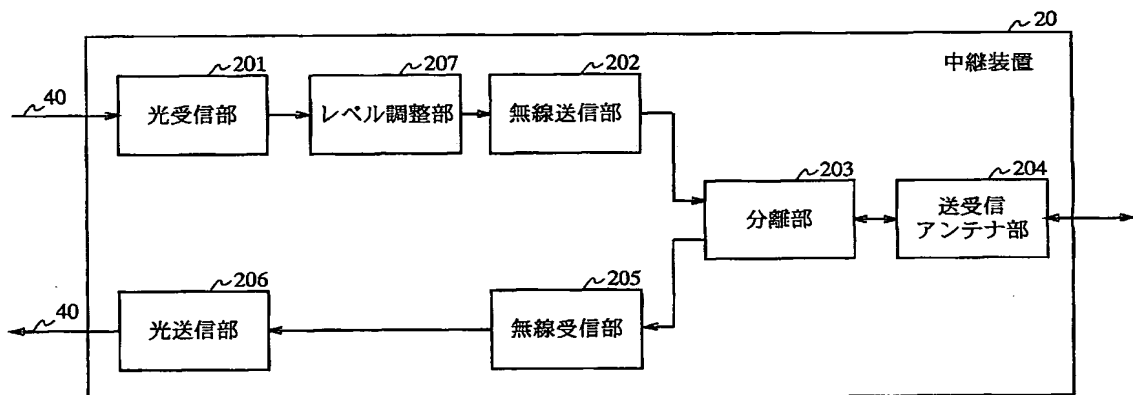
(10) 国際公開番号
WO 2005/011316 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H04Q 7/36, H04L 12/28, H04B 10/20 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1006 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/010779
- (22) 国際出願日: 2004年7月22日 (22.07.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 内海 邦昭 (UTSUMI, Kuniaki). 山本 浩明 (YAMAMOTO, Hiroaki). 増田 浩一 (MASUDA, Kouichi). 新保 努武 (NIHO, Tsutomu). 中曾 麻理子 (NAKASO, Mariko). 田中 和夫 (TANAKA, Kazuo). 笹井 裕之 (SASAI, Hiroyuki).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-279806 2003年7月25日 (25.07.2003) JP (74) 代理人: 小笠原 史朗 (OGASAWARA, Shiro); 〒5640053 大阪府吹田市江の木町3番11号第3ロンチェビル Osaka (JP).
特願2004-057199 2004年3月2日 (02.03.2004) JP
特願2004-161732 2004年5月31日 (31.05.2004) JP

[続葉有]

(54) Title: RADIO COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 無線通信システム



20...RELAY APPARATUS
201...LIGHT RECEPTION PART
207...LEVEL ADJUSTMENT PART
202...RADIO TRANSMISSION PART
203...SEPARATION PART
204...TRANSMISSION/RECEPTION ANTENNA PART
206...LIGHT TRANSMISSION PART
205...RADIO RECEPTION PART

(57) Abstract: A radio communication system wherein the level of a radio signal received by a relay apparatus (20) can be confined within a predetermined dynamic range. In a control apparatus (10), a transmission part (102) converts a downstream electric signal to a downstream optical signal and transmits the downstream optical signal to the relay apparatus (20) via an optical transmission path (40). The relay apparatus (20) then converts the received downstream optical signal to the downstream electric signal and transmits this downstream electric signal as a radio signal from a transmission/reception antenna part (204) to a radio communication terminal (30). In the relay apparatus (20), a level adjustment part (207) adjusts the level of radio signals, which is to be transmitted by the relay apparatus (20), such that the reception intensity of radio signals to be received by the relay apparatus will be confined within a predetermined range.

(57) 要約: 本発明は、中継装置 (20) において受信する無線信号のレベルを所定のダイナミックレンジの範囲内に収めることができる無線通信システムである。制御装置 (10) において、送信部 (102) は、下り電気信号を下り光信号に変換し、光伝送路 (40) を介して中継装置 (20) に送信する。中継装置 (20) は、受信した下り光信号を下り電気信号に変換し、送受信アンテナ部 (204) から無線信号として無線通信端末 (30) に送信する。中継装置 (20) において、レベル調整部 (207) は、中継装置が受信する無線信号の受信強度が所定の範囲

[続葉有]



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

無 線 通 信 シ ス テ ム

技 術 分 野

本発明は、制御装置が、中継装置を介して無線通信端末と通信するシステムに関し、より特定のには、制御装置と中継装置とが、光伝送路を介して接続されているシステムに関する。

背 景 技 術

近年、無線通信端末と無線で通信する中継局が、光伝送路を介して制御装置と接続される無線通信システムが用いられるようになってきている（例えば、特開平９－２３３０５０号公報）。

図４３は、特開平９－２３３０５０号公報に記載されている従来の無線通信システムの構成を示す図である。図４３に示す無線通信システムにおいて、制御装置１９は、変調した信号を光信号に変換し、光伝送路５９を介して中継装置２９に送信する。中継装置２９は、制御装置１９から送信されてきた光信号を光電気変換部９５で電気信号に変換し、送受信部９３およびアンテナ部９２を介して、無線信号として、エリア内の無線通信端末３９に送信する。また、中継装置２９は、無線通信端末３９から送信されてきた無線信号をアンテナ部９２で受信し、送受信部９３を介し、電気光変換部９４で光信号に変換して、光伝送路５９に送出する。このようにして、従来の無線通信システムで

は、中継装置と無線通信端末との間の通信が実現されている。

従来の無線通信システムは、良好な通信品質を実現するために、以下に示す第1～第3の要求を満たさなければならない。

第1の要求は、中継装置が受信する無線信号のレベルを所定の範囲に収めなければならないことである。受信した無線信号を有効に再現することができる無線信号の最大レベルと最小レベルとの差をダイナミックレンジという。中継装置が受信する無線信号のレベルが大きすぎる場合、無線信号を光信号に変換した際に、光信号にひずみが発生してしまう。一方、中継装置が受信する無線信号のレベルが小さすぎる場合、受信すべき無線信号とノイズとを分離することができない。無線信号を高品質に光伝送するためには、中継装置が受信する無線信号のレベルを、ダイナミックレンジの範囲に収めなければならない。

次に、中継装置が無線通信端末に送信すべき信号成分を増幅する際、増幅器の非線形性によって、送信すべき信号成分以外に、送信すべき信号成分の帯域外周波数成分が出力されてしまう。帯域外周波数成分は、帯域外周波数成分と同じ周波数帯域を利用して通信する他の通信機器や、無線通信端末の周辺に存在する電気機器等に悪影響を及ぼす。したがって、中継装置が送信すべき無線信号成分のレベルに対する帯域外周波数成分のレベルは、一定レベル以下に収めなければならない。ここで、帯域外周波数成分のレベルと、中継装置が無線通信端末に送信すべき無線信号成

分のレベルとの比を漏洩比と呼ぶ。このように、第2の要求は、無線信号における漏洩比を一定レベル以下に収めることである。

さらに、中継装置が無線通信端末と正常に通信するためには、送受信する無線信号の周波数帯における信号対妨害比（以下、 D/U （Desired/Undesired）比と呼ぶ）を一定レベル以上にしなければならない。なぜならば、 D/U 比が低下してしまうと、中継装置は受信すべき信号とノイズとを分離することができないからである。このように、第3の要求は、中継装置が受信する無線信号の D/U 比を一定レベル以上に保つことである。

ここで、第1の課題を解決するために、図4-4に示す無線通信システムが提案されている（特許第2885143号明細書参照）。図4-4は、特許第2885143号明細書に記載されている従来の無線通信システムの構成を示す図である。図4-4に示す従来の無線通信システムにおいて、中継装置28と制御装置18とは、光ファイバ58を介して接続される。中継装置28は、アンテナ部92を介して、無線通信端末（図示せず）から送信されてくる無線信号を受信する。増幅器1は、アンテナ部91が受信した電気信号を増幅する。増幅器1によって増幅された信号は、分配器2によって分配された後、ミキサ3a～3dおよびシンセサイザ4a～4dによって、周波数変換される。周波数変換された信号は、1波分の通過帯域をもつバンドパスフィルタ5a～5dを通過後、非線形増幅器6a～6dによって所定の信号レベルに増幅される。増幅された信号

は、合成器 7 において合成された後、電気光変換器 8 によって光信号に変換される。当該光信号は、光ファイバ 5 8 を介して、制御装置 1 8 に伝送される。制御装置 1 8 において、光電気変換器 2 1 は、光ファイバ 5 8 から送出される光信号を電気信号に変換する。当該電気信号は、分配器 1 1 において分配された後、ミキサ 1 2 a ~ 2 3 d および発信器 1 3 a ~ 1 3 d によって元の周波数帯に戻すために周波数変換される。その後、周波数変換された信号は、1 波分の通過帯域を有するバンドパスフィルタ 1 4 a ~ 1 4 d によって分離される。分離された信号は、復調器 1 5 a ~ 1 5 d によって復調されて外部に出力されるか、または検波器 1 6 a ~ 1 6 d によって検知される。検波器 1 6 a ~ 1 6 d が検知し、出力する信号は、A / D 変換器 1 7 a ~ 1 7 d によってデジタル信号に変換された後、ROM 1 8 a ~ 1 8 d に格納される。

以上のように、特許第 2 8 8 5 1 4 3 号明細書に記載の従来の無線通信システムは、中継装置 2 8 において、受信した信号を 1 波ごとに分離し、分離した各信号の信号レベルを非線形増幅器 6 a ~ 6 d によって調整する。したがって、非線形増幅器 6 a ~ 6 d を中継装置 2 8 に設けることによって、中継装置が受信する無線信号のレベルを、所定のダイナミックレンジの範囲に収めることができる。これによって、第 1 の要求を満たすことができる。

次に、第 2 ~ 第 3 の要求を満たすために、例えば、I E E E 8 0 2 . 1 1 a 規格は、中継装置および無線通信端末が送受信する無線信号の品質を規定している。I E E E 8

02.11a規格において、無線信号の変調方式が64QAM (Quadrature Amplitude Modulation) であり、他チャンネルからの干渉がある場合、中継装置が受信する無線信号のダイナミックレンジは、最大約32dBとなるべきであると規定されている。また、IEEE 802.11a規格より、D/U比は約22dB以上必要であると計算される。さらに、ARIB STD-T71において、無線信号における隣接チャンネルへの漏洩比は-25dB以下、次隣接チャンネルへの漏洩比は-40dB以下となるべきであると規定されている。これらの規定を満たす無線信号を用いて通信することによって、中継装置は、正常に通信することができる。

しかしながら、特許第2885143号明細書に記載の従来の無線通信システムは、無線信号をダイナミックレンジ内に収めるために、例えば非線形増幅器6a~6d等の、利得を制御するAGC (Automatic Gain Control) 機能を、中継装置に無線チャンネル数分備えなければならない。このため、システムの構成が複雑になってしまう。

また、周波数分割多重方式を利用して信号を制御装置に送信する場合においても、システムの構成が複雑になってしまうという問題がある。中継装置は、複数の無線通信端末から同時に無線信号を受信した場合、複数の無線信号の信号レベルを一度に調整することができない。特許第2885143号明細書に記載の従来の無線通信システムにおいて、中継装置は、周波数変換した信号をいったんチャン

ネル数分に分離し、信号のレベルを一定に調整してから多重する。よって、中継装置には、分配器や、無線信号のチャンネル数分のミキサ、シンセサイザ、バンドパスフィルタおよび非線形増幅器といった、多くの部品を設けなければならない。したがって、中継装置の構成が複雑になり、中継装置を小型化することが困難である。

さらに、特許第2885143号明細書に記載の従来の無線通信システムにおいて、中継装置および制御装置には、発振器を設けなければならない。したがって、システムの構成が高価になってしまうという問題がある。

以上のように、特許第2885143号明細書に記載の従来の無線通信システムは、第1の要求を満たすことはできるものの、システムの構成が複雑になってしまうという問題がある。

また、IEEE 802.11aにおいて、中継装置が複数のチャンネルの無線信号を利用する場合は想定されていないため、IEEE 802.11aで規定された無線信号を複数のチャンネルを用いたシステムに、そのまま適用することができない。以下、その理由について説明する。

複数のチャンネルの信号を利用して通信する場合、各チャンネルには、それぞれ異なる周波数が割り当てられる。図45は、隣接する2つのチャンネルを利用する第1および第2の無線通信端末から送信される、IEEE 802.11a規格に準拠した無線LAN信号のスペクトラムを示す図である。実線は、信号aのスペクトラムを示し、点線は、信号bのスペクトラムを示す。

第 1 の無線通信端末が送信する信号 a と、第 2 の無線通信端末が送信する信号 b とは、互いに隣接するチャンネルの信号である。以下、信号 a が、信号 b から漏洩する信号の成分によって妨害を受ける場合について説明する。

信号 a は、信号成分 1 0 0 1 a と、信号漏洩成分 1 0 0 2 a と、信号漏洩成分 1 0 0 3 a とを有する。信号成分 1 0 0 1 a は、中継装置が受信すべき信号 a の成分であって、帯域幅は、約 2 0 M H z である。信号漏洩成分 1 0 0 2 a は、信号成分 1 0 0 1 a に最も近いチャンネル（以下、隣接チャンネルと呼ぶ）に漏洩する成分である。信号漏洩成分 1 0 0 3 a は、信号成分 1 0 0 1 a の帯域外周波数成分であって、信号成分 1 0 0 1 a に 2 番目に近いチャンネル（以下、次隣接チャンネルと呼ぶ）に漏洩する成分である。信号の帯域外周波数が、当該信号に隣接するチャンネルの周波数と重なっている場合、帯域外周波数成分が隣接チャンネルに漏洩してしまう。なお、説明の簡単のために、それぞれの信号スペクトラムは、一定レベルであるものとして説明する。

無線通信システムにおいて、無線信号の変調方式が 6 4 Q A M であり、他チャンネルからの干渉がある場合、中継装置が受信する無線信号のダイナミックレンジは最大約 3 2 d B となるべきであると I E E E 8 0 2 . 1 1 a 規格で規定されている。また、I E E E 8 0 2 . 1 1 a 規格より、D / U 比は約 2 2 d B 以上必要であると計算される。

漏洩比 1 0 0 4 は、信号漏洩成分 1 0 0 2 a と信号成分 1 0 0 1 a との比であって、- 2 5 d B 以下となるべきで

あると規定されている。また、信号のレベルを対数で表す場合、漏洩比 1 0 0 4 の対数は、信号漏洩成分 1 0 0 2 a のレベルの対数と信号成分 1 0 0 1 a のレベルの対数との差で表される。以下、本明細書において、漏洩比とは、対数で表されているものとして説明する。漏洩比 1 0 0 5 は、信号漏洩成分 1 0 0 3 a のレベルと信号成分 1 0 0 1 a のレベルとの差であって、- 4 0 d B 以下となるべきであると規定されている。

信号 b は、信号成分 1 0 0 1 b と、信号漏洩成分 1 0 0 2 b と、信号漏洩成分 1 0 0 3 b とを有する。信号成分 1 0 0 1 b は、中継装置が受信すべき信号 b の信号成分である。信号漏洩成分 1 0 0 2 b は、信号成分 1 0 0 1 b の隣接チャンネルに漏洩する信号の成分である。信号漏洩成分 1 0 0 3 b は、信号成分 1 0 0 1 b の次隣接チャンネルに漏洩する信号の成分である。

D / U 比 1 0 1 0 は、信号成分 1 0 0 1 a と信号漏洩成分 1 0 0 2 b とのレベル差である。信号漏洩成分 1 0 0 2 b は、隣接チャンネルである信号 a に漏洩する。したがって、中継装置が、隣接チャンネルからの漏洩に妨害されずに信号 a のみを光信号に変換するためには、信号成分 1 0 0 1 a のレベルと信号漏洩成分 1 0 0 2 b のレベルとの差、つまり D / U 比 1 0 1 0 は、2 2 d B 以上でなければならない。

中継装置が受信する無線信号のレベルは、中継装置と無線通信端末との間の距離に依存する。つまり、中継装置と無線通信端末との距離が離れるほど、中継装置のアンテナ

部によって受信される無線信号のレベルは小さくなる。

したがって、中継装置が受信する無線信号のダイナミックレンジが 32 dB である場合、第 1 の通信端末および第 2 の通信端末の位置関係によっては、信号成分 1001b のレベルと信号成分 1001a のレベルとの差が、最大 32 dB となる場合がある。この場合、隣接チャンネルへの漏洩比が -25 dB であるとする、D/U 比 1010 は -7 dB となる。したがって、所要の D/U 比 22 dB を満たすことができない。

このように、複数の通信端末が隣接する 2 つのチャンネルを利用して通信する場合、中継装置が受信する無線信号の品質が規格に定められた品質を保ち、かつ無線信号のレベルが規格で定められたダイナミックレンジの範囲内であっても、他チャンネルの信号に妨害され、正常に通信できなくなる場合がある。この場合、第 1 および第 2 の課題を解決することはできるが、所定の D/U 比を満たすという第 3 の課題を解決することができない。

次に、次隣接チャンネルからの漏洩信号によって通信が妨害される場合について考える。図 46 は、2 チャンネル離れた 2 つのチャンネルを利用する第 1 および第 3 の無線通信端末から送信される無線 LAN 信号のスペクトラムを示す図である。

実線は、信号 a のスペクトラムを示し、点線は、信号 c のスペクトラムを示す。第 1 の無線通信端末が送信する信号 a と、第 3 の無線通信端末が送信する信号 c とは、互いに 2 つ離れたチャンネルの信号である。以下、信号 a が、

信号 c から漏洩する信号の成分に妨害を受ける場合について説明する。

信号 a は、信号成分 1 0 0 1 a と、信号漏洩成分 1 0 0 2 a と、信号漏洩成分 1 0 0 3 a とを有する。図 4 6 に示す信号 a が有する信号成分は、図 4 5 に示す信号 a が有する信号成分と同様であるため、説明を省略する。

信号 c は、信号成分 1 0 0 1 c と、信号漏洩成分 1 0 0 2 c と、信号漏洩成分 1 0 0 3 c とを有する。信号成分 1 0 0 1 c は、中継装置が受信すべき信号 c の信号成分である。信号漏洩成分 1 0 0 2 c は、信号成分 1 0 0 1 c の隣接チャンネルに漏洩する信号の成分である。信号漏洩成分 1 0 0 3 c は、信号成分 1 0 0 1 c の次隣接チャンネルに漏洩する信号の成分である。

D / U 比 1 0 1 0 は、信号成分 1 0 0 1 a のレベルと信号漏洩成分 1 0 0 3 c のレベルとの差である。

中継装置が受信する無線信号のダイナミックレンジが 3 2 d B である場合、第 1 の無線通信端末および第 3 の無線通信端末の位置関係によって、信号成分 1 0 0 1 c のレベルと信号成分 1 0 0 1 a のレベルとの差が、最大 3 2 d B となる場合がある。この場合、次隣接チャンネル漏洩比が - 4 0 d B であるとする、D / U 比 1 0 1 0 は 8 d B となる。したがって、所要の D / U 比 2 2 d B を満たすことができない。

このように、複数の通信端末が 2 つ離れたチャンネルを利用して通信する場合、中継装置が受信する無線信号の品質が規格に定められた品質を保ち、かつ無線信号のレベル

が規格で定められたダイナミックレンジの範囲内であっても、他チャンネルの信号に妨害され、正常に通信できなくなる場合がある。この場合、第 1 および第 2 の要求を満たすことはできるが、所定の D/U 比を満たすという第 3 の要求を満たすことができない。

発明の開示

それゆえに、本発明の目的は、中継装置において受信する無線信号のレベルを所定のダイナミックレンジの範囲内に収めることができる無線通信システムを提供することである。

また、本発明のさらなる目的は、第 1 ～ 第 3 の要求を満たす、すなわち、中継装置が受信する無線信号のレベルを所定のダイナミックレンジの範囲に収めることができ、無線信号における漏洩比を一定レベル以下に収めることができ、かつ中継装置が受信する無線信号の D/U 比を一定レベル以上に保つことができる無線通信システムを提供することである。

本発明は、上記のような目的を達成するために、以下に述べるような特徴を有している。

第 1 の局面は、制御装置と、制御装置と光伝送路を介して接続された 1 以上の中継装置と、中継装置と無線通信する複数の無線通信端末とを備える無線通信システムであって、制御装置は、下り電気信号を下り光信号に変換し、光伝送路を介して中継装置に送信する第 1 の光送信部と、光伝送路を介して中継装置から送信されてくる上り光信号を

上り電気信号に変換する第1の光受信部とを含み、

中継装置は、光伝送路を介して制御装置から送信されてくる下り光信号を下り電気信号に変換する第2の光受信部と、第2の光受信部によって変換された下り電気信号を無線通信端末に無線信号として送信し、無線通信端末から送信される無線信号を受信して上り電気信号とする送受信アンテナ部と、送受信アンテナ部によって受信された上り電気信号を上り光信号に変換し、光伝送路を介して制御装置に送信する第2の光送信部とを含み、中継装置が受信する無線信号の受信強度が所定の範囲内に収まるように、中継装置が送信または受信する無線信号のレベルを調整する無線信号レベル制限手段を備えることを特徴とする。

これにより、中継装置が受信する無線信号のレベルを所定の範囲に収めることができる。中継装置が受信する無線信号を所定のダイナミックレンジに収めることができるため、無線信号を高品質に光伝送することができる。

好ましくは、所定の範囲は、各無線通信端末が利用するそれぞれのチャンネルにおいて、当該チャンネル以外のチャンネルに漏洩する周波数成分のレベルに対する当該チャンネルを利用する無線信号のレベルの比である漏洩比と、当該チャンネルを利用する無線信号のレベルに対する当該チャンネル以外のチャンネルを利用する無線通信端末からの漏洩信号のレベルの比である信号対雑音比との差よりも小さい範囲であるとよい。

これにより、中継装置が受信する無線信号のレベルを、漏洩比と信号対雑音比（D/U比）との差よりも小さい範

囲に収めることができる。したがって、中継装置は、他チャンネルから漏洩してきた信号に妨害されることなく、正常に通信することができる。

1つの例として、無線信号レベル制限手段は、第2の光受信部が出力する下り電気信号のレベルを調整する中継装置内に設けられたレベル制御部であり、レベル制御部は、下り電気信号のレベルを減衰させることによって、中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが所定の範囲内となるようにする。

これにより、中継装置は、送信する無線信号のレベルを減衰させることによって、中継装置の通信可能エリアを狭くすることができる。したがって、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルを所定の範囲に収めることができる。したがって、中継装置が、複数のチャンネルの無線信号を利用して通信する場合においても、所要のD/U比を満たすことができる。よって、他チャンネルから漏洩してくる信号に妨害されることなく、正常に通信することができる。

また、他の例として、制御装置は、第1の光送信部を複数含み、無線信号レベル制限手段は、下り電気信号を分岐する制御装置内に設けられた信号分配部であり、信号分配部は、下り電気信号を分岐して当該下り電気信号のレベルを減衰させることによって、中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが所定の範囲内となるようにし、第

1の光送信部は、信号分配部によって分岐された下り電気信号を下り光信号に変換する。

これにより、制御装置から送信される下り光信号のレベルが低減されるため、中継装置が送信する無線信号のレベルが低減されることとなる。したがって、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルを所定の範囲に収めることができる。したがって、中継装置が、複数のチャンネルの無線信号を利用して通信する場合においても、所要のD/U比を満たすことができる。よって、他チャンネルから漏洩してくる信号に妨害されることなく、正常に通信することができる。

また、他の例として、無線信号レベル制限手段は、下り電気信号に重畳して送信させるためのパイロット信号を生成する制御装置に設けられたパイロット信号生成部であり、第1の光送信部は、パイロット信号が重畳された下り電気信号を下り光信号に変換し、中継装置は、さらに、第2の光受信部によって変換された下り電気信号に重畳されているパイロット信号のレベルを検出するパイロット信号検出部と、パイロット信号検出部によって検出されたパイロット信号のレベルが一定となるように、無線信号のレベルを制御するレベル制御部とを含み、パイロット信号生成部は、生成するパイロット信号のレベルを増大させることによって、中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが所定の範囲内となるようにする。

これにより、制御装置が生成するパイロット信号のレベ

ルを大きくすることによって、中継装置から送信する無線信号のレベルを低減することができる。したがって、中継装置の通信可能エリアを狭くすることができるため、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルを所定の範囲に収めることができる。

また、他の例として、無線信号レベル制限手段は、制御装置に設けられ、第1の光受信部によって変換された上り電気信号の品質が所定の条件を満たしているか否かを監視する監視部と、監視部によって上り電気信号の品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、第1の光送信部に入力される下り電気信号のレベルを低減し、光変調度を低下させるレベル制御部とからなり、レベル制御部は、光変調度を低下させ、下り光信号のパワーを減衰することによって、中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが所定の範囲内となるようにする。

これにより、上り電気信号の品質が低下した場合に、制御装置において、下り光信号の変調度を低下させることによって、中継装置に送信する下り光信号のパワーを低減することができる。したがって、中継装置の通信可能エリアを狭くすることができるため、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルを所定の範囲に収めることができる。

また、他の例として、無線信号レベル制限手段は、制御装置に設けられ、第1の光受信部によって変換された上り電気信号の品質が所定の条件を満たしているか否かを監視

する監視部と、監視部によって上り電気信号の品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、第1の光送信部で設定されるバイアス電流のレベルを低減し、光変調度を低下させるレベル制御部とからなり、レベル制御部は、光変調度を低下させ、下り光信号のパワーを減衰することによって、中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが所定の範囲内となるようにする。

これにより、上り電気信号の品質が低下した場合に、制御装置において、バイアス電流のレベルを低減し、下り光信号の変調度を低下させることによって、中継装置に送信する下り光信号のパワーを低減することができる。したがって、中継装置の通信可能エリアを狭くすることができるため、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルを所定の範囲に収めることができる。

さらに、無線信号レベル制限手段は、第2の光送信部によって変換された上り光信号にひずみが発生しないレベルに無線信号を減衰するレベル減衰部を有していてもよい。

これにより、中継装置において、無線通信端末から受信する無線信号のレベルが大きい場合であっても、無線信号のレベルを低減することができるため、上り光信号にひずみが発生しない。したがって、無線信号を高品質に光伝送することができる。

好ましくは、互いに隣接する中継装置の通信範囲同士は、一部重複しており、中継装置は、無線通信端末との間で送受信する無線信号のレベルを調整することによって利得

を制御するレベル調整手段を含み、レベル調整手段は、制御装置から送信される信号が、中継装置を介して、通信可能範囲が重複する区域に存在する無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間と、制御装置から送信される信号が、隣接する中継装置を介して、通信可能範囲が重複する区域に存在する無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間との差が所定時間内となるように無線信号のレベルを調整するとよい。

これにより、制御装置から送信された光信号が複数の中継装置を経由して無線通信端末に到達する場合においても、信号の遅延時間差を無線通システムが許容する遅延時間差の範囲に収めることができる。これにより、マルチパス干渉による信号の劣化を防止することができる。また、逆に、受信範囲が重複する区域から無線信号が送信され、当該無線信号が複数の受信アンテナ部によって受信された場合においても、受信アンテナ部の単一指向性を調整することによって、受信範囲が重複する区域から送信される無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めることができる。

また、隣接する2つの中継装置を1組としたとき、隣り合う中継装置の組は、別の隣り合う中継装置の組と異なる周波数を用いて通信してもよい。

これにより、信号の遅延時間差が調整された中継装置の組の受信範囲が、他の中継装置の組の受信範囲と重複する場合においても、利用する周波数が異なるため、マルチパス干渉が発生しない。

1つの例として、送受信アンテナ部は、隣接する中継装

置のうち、当該送受信アンテナ部を備える中継装置よりも、制御装置との間を接続する光伝送路の長さが長い中継装置に向かう指向性を有する。

これにより、同一の周波数を利用して通信する中継装置を3つ以上連続して設置することができる。

さらに、制御装置と各中継装置とを接続する光伝送路を分岐する光分岐結合部を備え、分岐された光ファイバの一方の端に中継装置が接続され、もう一方の端に別の光分岐手段が接続されていてもよいし、光分岐結合部は、制御装置内に接続される1本の光ファイバを所定の数以上に分配し、分配された光ファイバにそれぞれ中継装置が接続されていてもよい。

これにより、多数の中継装置を設置することができる。

また、レベル調整部は、遅延時間が、無線通信システムが許容する最大の遅延時間となるように、無線信号のレベルを調整してもよい。

これによれば、中継装置を増設する場合においても、増設する中継装置を経由して無線通信端末または制御装置に到達する信号の遅延時間を無線通信システムが許容する最大遅延時間とすればよい。したがって、中継装置を増設する際に、他の既存の中継装置の設定を変更する必要がなくなる。

他の例として、互いに隣接する中継装置の通信範囲同士は、一部重複しており、中継装置は、制御装置との間で送受信する光信号の遅延時間を制御する光信号制御手段を含み、光信号制御手段は、制御装置から送信される信号が、

中継装置を介して、通信可能範囲が重複する区域に存在する無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間と、制御装置から送信される信号が、隣接する中継装置を介して、通信可能範囲が重複する区域に存在する無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間との差が所定時間内となるように光信号の遅延時間を制御する。

これにより、利得を制御するレベル調整部を中継装置に設ける必要がない。したがって、無線通信システムの構成を簡易なものとすることができる。

また、他の例として、中継装置は、隣接する中継装置が利用する周波数とは異なる周波数で変調された無線信号を送受信してもよく、レベル調整部は、同一の無線変調信号を使用する他の中継装置が形成する無線可能範囲に対し、無線信号レベルが所定のレベル以下となるように、無線信号レベルを制御してもよい。

これにより、中継装置の通信範囲が他の中継装置の通信範囲と重複している場合においても、マルチパス干渉が発生しない。したがって、信号品質の劣化を防止することができる。

好ましくは、送受信アンテナ部は、鉛直方向の受信感度が所定の範囲内となるような指向性を有し、所定の範囲は、第2の光送信部が許容する範囲であるとよい。

これにより、中継装置は、当該中継装置の直下近傍に位置する無線通信端末が送信する無線信号を低利得で受信する。したがって、中継装置の近傍から送信される無線信号を所定のダイナミックレンジに収めることができる。また

、中継装置は、当該中継装置の直下近傍に位置しない無線通信端末、つまり遠方に位置する無線通信端末が送信する無線信号を高利得で受信する。したがって、無線信号のレベルを所定のダイナミックレンジの範囲内に収めることができる。よって高品質の上り光信号を制御装置に送信することができる。また、中継装置にA G C回路を設ける必要がないため、無線通信システムの構成を簡易化することができる。したがって、当該システムを安価に構築することができる。

一例として、無線信号レベル制限手段は、鉛直方向から送信されてくる無線信号を吸収する送受信アンテナ部に設けられた電波吸収体である。

これにより、中継装置の直下近傍に位置する無線通信端末が送信する無線信号は、電波吸収体によって吸収されるため、受信アンテナ部は、当該無線信号を低利得で受信することとなる。これにより、無線基地局の近傍から送信される無線信号を所定の範囲に収めることができる。

他の例として、送受信アンテナ部は、双方向指向性を有するポールアンテナから構成されており、ポールアンテナは、鉛直方向の受信感度が所定のレベル内となるように設置されている。ポールアンテナは、建物内の天井に設置されていてもよく、建物内の床に設置されていてもよい。また、ポールアンテナは、建物内の壁に設置されていてもよい。

これにより、電波吸収体を設けることなく、鉛直方向に対する送受信アンテナ部の指向性を制限することができる

。したがって、送受信アンテナ部が、アンテナと電波吸収体とから構成される場合に比べ、システムの構成をより簡略化することができる。

他の例として、送受信アンテナ部は、第2の光受信部によって変換された下り電気信号を無線通信端末に無線信号として送信する受信アンテナ部と、無線通信端末から送信される無線信号を受信して上り電気信号とする送信アンテナ部とからなり、無線信号レベル制限手段は、送信アンテナ部であって、鉛直方向から送信されてくる無線信号を遮断する位置に設けられる。好ましくは、送信アンテナ部は、受信アンテナ部が設けられた方向を除く方向に指向性を有するとよい。

これにより、電波吸収体を設けることなく、鉛直方向に対する受信アンテナ部の指向性を制限することができる。したがって、受信アンテナ部が、アンテナと電波吸収体とから構成される場合に比べ、システムの構成をより簡略化することができる。

無線信号レベル制限手段は、さらに、送受信アンテナ部が受信する信号のレベルを減衰させ、各無線通信端末が利用するそれぞれのチャンネルにおいて、当該チャンネルを利用する無線信号のレベルに対する当該チャンネル以外のチャンネルを利用する無線通信端末からの漏洩信号のレベルの比である信号対雑音比を所定値以下とするレベル減衰部を有するしてもよい。

これにより、送信アンテナ部から受信アンテナ部に回り込む無線信号を低減することができる。したがって、無線

基地局内の電気回路における発振や、上り信号および下り信号の干渉による信号劣化を防ぐことができる。

また、他の例として、各送受信アンテナ部は、直下に位置する無線通信端末からの無線信号を受信しないような単一指向性を有し、かつ受信可能範囲内に存在する無線通信端末から送信される無線信号を所定のレベル内で受信し、送受信アンテナ部の内、少なくとも1つの送受信アンテナ部は、単一指向性が向かう方向に位置し、かつ当該送受信アンテナ部に隣接する中継装置における送受信アンテナ部の直下に位置する無線通信端末からの無線信号を受信し、所定のレベルは、所定の範囲内となるレベルである。

これにより、送受信アンテナは、中継装置の直下近傍、つまり近距離から送信される信号レベルの大きい無線信号を受信することがない。したがって、第2の光送信部に入力される無線信号の信号レベルを、所定の範囲内に収めることができる。これにより、複数の中継装置を設置することによって広範囲の通信エリアをカバーすると共に、信号を高品質に光伝送することができる。また、中継装置は、A G C機能を有する必要がないため、無線光伝送システムの構成を簡易化し、当該システムを安価に構築することができる。

好ましくは、送受信アンテナ部の内、単一指向性が示す方向の最端箇所位置する中継装置以外の中継装置の送受信アンテナ部は、単一指向性が向かう方向に位置し、かつ当該送受信アンテナ部に隣接する中継装置における送受信アンテナ部の直下に位置する無線通信端末からの無線信号

を受信するとよい。一例として、各送受信アンテナ部の単一指向性は、鉛直斜め下方向から隣接する中継装置における送受信アンテナ部の直下方向に向けた指向性である。

また、互いに隣接する中継装置の受信可能範囲同士は、一部重複しているとよい。

これにより、受信範囲が連続して形成されることとなるため、無線通信端末の配置場所についての自由度を向上させることができる。

好ましくは、送受信アンテナ部は、隣接した中継装置のうち、当該送受信アンテナ部を備える中継装置よりも、制御装置との間を接続する光伝送路の長さが長い中継装置に向かう単一指向性を有し、単一指向性は、受信可能範囲が重複する区域から送信される無線信号が送受信アンテナ部によって受信され、制御装置に伝送されるまでに要する遅延時間と、当該無線信号が隣接する中継装置における送受信アンテナ部によって受信され、制御装置に伝送されるまでに要する遅延時間との差が所定時間内となるように調整されるとよい。また、単一指向性は、当該単一指向性の広がり角度を変更することによって調整されてもよく、また、送受信アンテナ部の設置角度を変更することによって調整されてもよい。

これにより、受信範囲が重複する区域から無線信号が送信され、当該無線信号が複数の受信アンテナ部によって受信された場合においても、受信アンテナ部の単一指向性を調整することによって、受信範囲が重複する区域から送信される無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めること

ができる。これにより、マルチパス干渉による信号の劣化を防止することができる。

好ましくは、中継装置は、さらに、送受信アンテナ部によって受信された無線信号を増幅または減衰するレベル調整部を備え、レベル調整部は、受信可能範囲が重複する区域から送信されてくる無線信号のレベルが所定のレベルとなるように無線信号を増幅または減衰し、所定のレベルは、重複する区域から送信され、隣接した中継装置によって受信された無線信号のレベルとの差が所定範囲内となるようなレベルであるとよい。また、無線通信端末は、それぞれ異なる周波数の無線信号を用いて通信してもよい。

第2の局面は、無線通信区間に点在する複数の無線通信端末から送信される無線信号を受信して光信号に変換し、光伝送路を介して伝送する中継装置であって、建物内の天井、床、または壁に設置されており、無線通信端末から送信される無線信号を受信する送受信アンテナ部と、送受信アンテナ部によって受信された無線信号を光信号に変換し、光伝送路に送出する光送信部とを備え、送受信アンテナ部は、鉛直方向の受信感度が所定のレベル内となるような指向性を有し、所定のレベルは、受信した無線信号の受信強度が光送信部が許容する所定の範囲内となるレベルであることを特徴とする。

第3の局面は、無線通信区間に点在する複数の無線通信端末から送信される無線信号を受信する受信アンテナであって、建物内の天井、床、または壁に設置されており、

鉛直方向の受信感度が所定のレベル内となるような指向

性を有し、所定のレベルは、受信した無線信号の受信強度が光送信部が許容する所定の範囲内となるレベルであることを特徴とする。

第4の局面は、光伝送路を介して接続されている制御装置から送信される光信号を中継装置が電気信号に変換し、無線信号として無線通信端末に送信する無線通信システムであって、制御装置は、下り電気信号を下り光信号に変換し、光伝送路を介して中継装置に送信する第1の光送信部を含み、中継装置は、光伝送路を介して制御装置から送信されてくる下り光信号を下り電気信号に変換する第1の光受信部と、第1の光受信部によって変換された下り電気信号を無線信号として無線通信端末に送信するアンテナ部とを含み、光伝送路における伝送品質を評価し、当該伝送品質が所定の条件を満たしているか否かを判断する品質評価手段と、品質評価手段によって、伝送品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、無線信号の送信を停止する信号送信停止手段とを備える。

これにより、光伝送路における伝送品質が低下した場合、無線信号の送信を停止することができる。したがって、例えば、電波法等において規定されている公的な条件を満たさない無線信号が送信されることがない。よって、他の通信機器や電気機器に悪影響を及ぼさないようにすることができる。

例えば、品質評価手段および信号送信停止手段は、中継装置に設けられ、品質評価手段は、下り光信号の品質を評価し、当該下り光信号の品質が所定の条件を満たしている

か否かを判断し、信号送信停止手段は、品質評価手段によって、下り光信号の品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、無線信号の送信を停止する。

これにより、中継装置は、制御装置から受信した下り光信号の品質が低下した場合、無線信号の送信を停止することができる。したがって、品質が劣化した無線信号が送信されることがない。

一例として、品質評価手段は、中継装置が受信する下り光信号のパワーを検出し、パワーが所定値以下であるか否かを判断する受光パワー検出部であり、信号送信停止手段は、受光パワー検出部によって、下り光信号のパワーが所定値以下であると判断された場合、無線信号の送信を停止する。

これによれば、中継装置は、制御装置から送信されてきた下り光信号のパワーが低下すると、無線信号の送信を停止する。例えば、光伝送路に異常が発生した場合、信号の伝送損失が増加する。信号の伝送損失が増加すると、下り光信号のパワーが低下する。したがって、中継装置は、下り光信号のパワーを検出することによって、信号の伝送損失を評価することができる。

また、品質評価手段および信号送信停止手段は、中継装置に設けられ、品質評価手段は、下り電気信号の品質を評価し、当該下り電気信号の品質が所定の条件を満たしているか否かを判断し、信号送信停止手段は、品質評価手段によって、下り電気信号の品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、無線信号の送信を停止してもよい。

これにより、中継装置は、下り電気信号の品質が低下した場合、無線信号の送信を停止することができる。したがって、品質が劣化した無線信号が送信されることがない。

他の例として、品質評価手段は、第1の光受信部によって変換された下り電気信号から、アンテナ部から送信すべき無線信号の周波数帯域成分のレベルを検出する無線信号レベル検出部と、第1の光受信部によって変換された下り電気信号から、アンテナ部から送信すべき無線信号の周波数帯域外成分のレベルを検出する不要輻射レベル検出部と、無線信号レベル検出部によって検出された周波数帯域成分のレベルに対する、不要輻射レベル検出部によって検出された周波数帯域外成分のレベルが一定レベル以上であるか否かを判断するレベル判定部とからなり、信号送信停止手段は、レベル判定部によって、周波数帯域成分のレベルに対する周波数帯域外成分のレベルが一定レベル以上であると判断された場合、無線信号の送信を停止する。

これにより、中継装置は、周波数帯域外成分のレベルが大きい無線信号の送信を停止することができる。無線信号に含まれる周波数帯域外成分のレベルが大きい場合、当該周波数帯域外成分と同一の周波数帯域を利用して通信する通信機器に悪影響を及ぼす恐れがある。また、特定の周波数のレベルを検出すればよいための、無線通信システムの構成を簡易化することができる。

他の例として、制御装置は、さらに、異なる周波数の2つの試験信号を生成する試験信号生成部を含み、第1の光送信部は、試験信号生成部によって生成された試験信号を

重畳した下り電気信号を下り光信号に変換し、品質評価手段は、第1の光受信部によって変換された下り電気信号に重畳されている試験信号の周波数帯域成分のレベルを検出する試験信号レベル検出部と、第1の光受信部によって変換された下り電気信号に重畳されている試験信号の相互変調ひずみのレベルを検出するひずみレベル検出部と、試験信号レベル検出部によって検出された周波数帯域成分のレベルに対する、ひずみレベル検出部によって検出された相互変調ひずみのレベルが一定レベル以上であるか否かを判断するレベル判定部とからなり、信号送信停止手段は、レベル判定部によって、試験信号の周波数帯域成分のレベルに対する相互変調ひずみのレベルが一定レベル以上であると判断された場合、無線信号の送信を停止する。

これにより、中継装置は、相互変調ひずみが増大し、品質が劣化した無線信号の送出を停止することができる。また、特定の周波数のレベルを検出すればよいため、無線通信システムの構成を簡易化することができる。

他の例として、制御装置は、さらに、試験信号を生成する試験信号生成部を含み、第1の光送信部は、試験信号生成部によって生成された試験信号を重畳した下り電気信号を下り光信号に変換し、品質評価手段は、第1の光受信部によって変換された下り電気信号に重畳されている試験信号の周波数帯域成分のレベルを検出する試験信号レベル検出部と、第1の光受信部によって変換された下り電気信号に重畳されている試験信号の高調波ひずみのレベルを検出するひずみレベル検出部と、試験信号レベル検出部によっ

て検出された周波数帯域成分のレベルに対する、ひずみレベル検出部によって検出された高調波ひずみのレベルが一定レベル以上であるか否かを判断するレベル判定部とを有し、信号送信停止手段は、レベル判定部によって、試験信号の周波数帯域成分のレベルに対する高調波ひずみのレベルが一定レベル以上であると判断された場合、無線信号の送信を停止する。

これにより、中継装置は、高調波ひずみが増大し、品質が劣化した無線信号の送出を停止することができる。また、特定の周波数のレベルを検出すればよいため、無線通信システムの構成を簡易化することができる。

また、アンテナ部は、無線通信端末から送信されてきた無線信号を受信して上り電気信号とし、中継装置は、さらに、アンテナ部によって受信された上り電気信号を上り光信号に変換し、光伝送路を介して制御装置に送信する第2の光送信部を含み、制御装置は、さらに、光伝送路を介して中継装置から送信されてくる上り光信号を上り電気信号に変換する第2の光受信部を含み、品質評価手段および信号送信停止手段は、中継装置に設けられ、品質評価手段は、上り光信号の品質を評価し、当該上り光信号の品質が所定の条件を満たしているか否かを判断し、信号送信停止手段は、品質評価手段によって、上り光信号の品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、無線信号の送信を停止してもよい。

これにより、中継装置は、上り光信号の品質が低下した場合、無線信号の送信を停止することができる。したがっ

て、品質が劣化した無線信号が送信されることがない。

一例として、品質評価手段は、第2の光送信部によって変換された上り光信号と、当該光伝送路から反射される反射光とを分岐する光カプラ部と、光カプラ部によって分岐された反射光のパワーを検出し、当該反射光のパワーが一定値以上であるか否かを判断する光パワー検出部とからなり、信号送信停止手段は、光パワー検出部によって、反射光のパワーが一定値以上であると判断された場合、無線信号の送信を停止する。

これにより、例えば、制御装置と中継装置とを接続する光伝送路に異常が発生することによって光反射が増大した場合に、中継装置は、無線信号の送信を停止することができる。これにより、異常が発生した光伝送路を介して制御装置から送信されてきた、品質が劣化した信号が無線信号に変換して送出されることがない。また、光伝送路からの反射光を検出すればよいとため、無線通信システムの構成を簡易化することができる。

また、品質評価手段および信号送信停止手段は、制御装置に設けられ、品質評価手段は、下り光信号の品質を評価し、当該下り光信号の品質が所定の条件を満たしているか否かを判断し、信号送信停止手段は、品質評価手段によって、下り光信号の品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、当該下り光信号の送信を停止することによって、中継装置からの無線信号の送信を停止させてもよい。

これによれば、制御装置は、下り光信号の品質が低下し

た場合、下り光信号の送信を停止する。これにより、制御装置から下り光信号の送信が停止されるため、中継装置からの品質が低下した無線信号の送信を停止することができる。

一例として、品質評価手段は、第1の光送信部によって変換された下り光信号と、当該光伝送路から反射される反射光とを分岐する光カプラ部と、光カプラ部によって分岐された反射光のパワーを検出し、当該反射光のパワーが一定値以上であるか否かを判断する光パワー検出部とからなり、信号送信停止手段は、光パワー検出部によって、反射光のパワーが一定値以上であると判断された場合、下り光信号の送信を停止する。

これにより、例えば、制御装置と中継装置とを接続する光伝送路に異常が発生することによって光反射が増大した場合に、制御装置は、下り光信号の送信を停止することによって、無線信号の送信を停止することができる。したがって、品質が劣化した無線信号が中継装置から送信されることがない。また、光伝送路からの反射光を検出すればよいため、無線通信システムの構成を簡易化することができる。

また、アンテナ部は、無線通信端末から送信されてきた無線信号を受信して上り電気信号とし、中継装置は、さらに、アンテナ部によって受信された上り電気信号を上り光信号に変換し、光伝送路を介して制御装置に送信する第2の光送信部を含み、

制御装置は、さらに、光伝送路を介して中継装置から送

信されてくる上り光信号を上り電気信号に変換する第2の光受信部を含み、品質評価手段および信号送信停止手段は、制御装置に設けられ、品質評価手段は、上り光信号の品質を評価し、信号送信停止手段は、品質評価手段によって、上り光信号の品質が所定の条件を満たさないと判断された場合、下り光信号の送信を停止することによって、中継装置からの無線信号の送信を停止させてもよい。

これによれば、例えば、光伝送路に異常が発生し、上り光信号の品質が劣化した際に、制御装置は、下り光信号の送信を停止する。これにより、異常が発生した光伝送路を伝送することで品質が劣化した下り光信号が、中継装置から無線信号として送信されることを防止することができる。

一例として、品質評価手段は、制御装置が受信する上り光信号のパワーを検出し、当該上り光信号のパワーが所定値以下であるか否かを判断する制御装置に設けられた受光パワー検出部であり、信号送信停止手段は、受光パワー検出部によって、上り光信号のパワーが所定値以下であると判断された場合、下り光信号の送信を停止する。

これにより、制御装置において受光パワーが低下した場合に、下り光信号の送信を停止することができる。また、制御装置は、受光パワーを検出する機能を有していればよい。ため、無線通信システムの構成を簡易化することができる。

また、アンテナ部は、無線通信端末から送信されてきた無線信号を受信して上り電気信号とし、中継装置は、さら

に、アンテナ部によって受信された上り電気信号を上り光信号に変換し、光伝送路を介して制御装置に送信する第2の光送信部を含み、制御装置は、さらに、光伝送路を介して中継装置から送信されてくる上り光信号を上り電気信号に変換する第2の光受信部を含み、品質評価手段および信号送信停止手段は、制御装置に設けられ、品質評価手段は、上り電気信号の品質を評価し、信号送信停止手段は、品質評価手段によって、上り電気信号の品質が所定の条件を満たさないと判断された場合、下り光信号の送信を停止することによって、中継装置からの無線信号の送信を停止させてもよい。

これにより、信号の品質が低下し、制御装置が信号を正常に復調することができない場合、下り光信号の送信を停止することによって、中継装置から品質が低下した無線信号を送信することを防止することができる。

一例として、品質評価手段は、第2の光受信部によって変換された上り電気信号から、無線通信端末から受信すべき無線信号の周波数帯域成分のレベルを検出する信号レベル検出部と、第2の光受信部によって変換された上り電気信号から、無線通信端末から受信すべき無線信号の周波数帯域外成分のレベルを検出する不要輻射レベル検出部と、信号レベル検出部によって検出された周波数帯域成分のレベルに対する、不要輻射レベル検出部によって検出された周波数帯域外成分のレベルが一定レベル以上であるか否かを判断するレベル判定部とからなり、信号送信停止手段は、レベル判定部によって、周波数帯域成分のレベルに対す

る周波数帯域外成分のレベルが一定レベル以上であると判断された場合、下り光信号の送信を停止する。

これにより、制御装置は、規定レベル以上の帯域外周波数成分を含む無線信号の送信を停止することができる。

他の例として、中継装置は、さらに、異なる周波数の２つの試験信号を生成する試験信号生成部を含み、第２の光送信部は、試験信号生成部によって生成された試験信号を重畳した上り電気信号を上り光信号に変換し、品質評価手段は、第２の光受信部によって変換された上り電気信号に重畳されている試験信号の周波数帯域成分のレベルを検出する試験信号レベル検出部と、第２の光受信部によって変換された上り電気信号に重畳されている試験信号の相互変調ひずみのレベルを検出するひずみレベル検出部と、試験信号レベル検出部によって検出された周波数帯域のレベルに対する、ひずみレベル検出部によって検出された相互変調ひずみのレベルが一定レベル以上であるか否かを判断するレベル判定部とからなり、信号送信停止手段は、レベル判定部によって、試験信号の周波数帯域成分のレベルに対する相互変調ひずみのレベルが一定レベル以上であると判断された場合、下り光信号の送信を停止する。

これにより、制御装置は、相互変調ひずみが増大し、品質が劣化した無線信号の送出を停止することができる。また、特定の周波数のレベルを検出すればよいため、無線通信システムの構成を簡易化することができる。

他の例として、中継装置は、さらに、試験信号を生成する試験信号生成部を含み、第２の光送信部は、試験信号生

成部によって生成された試験信号を重畳した上り電気信号を上り光信号に変換し、品質評価手段は、第2の光受信部によって変換された上り電気信号に重畳されている試験信号の周波数帯域成分のレベルを検出する試験信号レベル検出部と、第2の光受信部によって変換された上り電気信号に重畳されている試験信号の高調波ひずみのレベルを検出するひずみレベル検出部と、試験信号レベル検出部によって検出された周波数帯域成分のレベルに対する、ひずみレベル検出部によって検出された高調波ひずみのレベルが一定レベル以上であるか否かを判断するレベル判定部とを有し、信号送信停止手段は、レベル判定部によって、試験信号の周波数帯域成分のレベルに対する高調波ひずみのレベルが一定レベル以上であると判断された場合、下り光信号の送信を停止する。

これにより、制御装置は、高調波ひずみが増大し、品質が劣化した無線信号の送出を停止することができる。また、特定の周波数のレベルを検出すればよいため、無線通信システムの構成を簡易化することができる。

また、無線信号は、無線LANで用いられる信号であってもよく、また、放送波の信号であってもよい。

好ましくは、光伝送路を接続するための光コネクタは、すべて斜め研磨コネクタであるとよい。これにより、他の光コネクタを用いる場合に比べ、光コネクタが緩んだ状態となった場合においても、発光素子への光反射や多重反射を防止することができる。したがって、光信号の品質の劣化を防止することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示すブロック図である。

図 2 は、図 1 に示す制御装置 10 の構成を示すブロック図であり、

図 3 は、図 1 に示す中継装置 20 の構成を示すブロック図であり、

図 4 A は、IEEE 802.11a 規格に準拠した無線 LAN で用いられ、中継装置が受信する無線信号のスペクトラムを示す図であり、

図 4 B は、2 チャンネル離れた 2 つのチャンネルを利用する第 1 および第 2 の無線通信端末から送信される無線 LAN 信号のスペクトラムを示す図であり、

図 5 は、中継装置 20 における受信信号の強度と、中継装置 20 および無線通信端末 30 間の距離との関係を表すグラフであり、

図 6 は、本発明の第 1 の実施形態の変形例に係る制御装置 10 a の構成を示すブロック図であり、

図 7 は、第 1 の実施形態の変形例に係る中継装置 20 a の構成を示すブロック図であり、

図 8 は、本発明の第 2 の実施形態に係る無線通信システムが備える制御装置 10 b の構成を示すブロック図であり、

図 9 は、上り光信号をまとめて受信する制御装置 10 c の構成を示すブロック図であり、

図 1 0 は、発光素子に入力される入力信号と、光の出力パワーとの関係（レーザ I L 特性）を示す図であり、

図 1 1 は、第 2 の実施形態の変形例に係る無線通信システムが備える制御装置 1 0 d の構成を示すブロック図であり、

図 1 2 は、バイアス電流のレベルを制御することによって、光変調度を調整する制御装置 1 0 e の構成を示すブロック図であり、

図 1 3 は、下り光信号のパワーを調整する制御装置 1 0 f の構成を示すブロック図であり、

図 1 4 は、本発明の第 3 の実施形態に係る無線通信システムが備える中継装置 2 0 b の構成を示すブロック図であり、

図 1 5 は、第 3 の実施形態の変形例に係る無線通信システムが備える中継装置 2 0 c の構成を示すブロック図であり、

図 1 6 は、第 4 の実施形態に係る無線通信システムが備える中継装置 2 0 d の構成を示すブロック図であり、

図 1 7 は、電気信号評価部 2 1 4 の詳細な構成を示すブロック図であり、

図 1 8 は、第 4 の実施形態の変形例に係る無線通信システムが備える制御装置 1 0 g の構成を示すブロック図であり、

図 1 9 は、電気信号評価部 2 1 4 e の詳細な構成を示すブロック図であり、

図 2 0 は、電気信号評価部 2 1 4 f の詳細な構成を示す

ブロック図であり、

図 2 1 は、第 5 の実施形態に係る制御装置 1 0 h の構成を示すブロック図であり、

図 2 2 は、第 5 の実施形態の変形例に係る無線通信システムが備える制御装置 1 0 i の構成を示すブロック図であり、

図 2 3 は、本発明の第 6 の実施形態に係る無線通信システムが備える制御装置 1 0 j の構成を示すブロック図であり、

図 2 4 は、第 6 の実施形態の変形例に係る無線通信システムが備える中継装置 2 0 f の構成を示すブロック図であり、

図 2 5 は、本発明の第 7 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図であり、

図 2 6 は、本発明の第 8 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図であり、

図 2 7 は、中継装置を 5 つ以上設ける場合における無線通信システムの構成を示す図であり、

図 2 8 は、本発明の第 9 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図であり、

図 2 9 は、本発明の第 1 0 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図であり、

図 3 0 は、本発明の第 1 1 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図であり、

図 3 1 は、本発明の第 1 2 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図であり、

図 3 2 は、第 1 2 の実施形態において、4 台の中継装置を備える無線通信システムの構成を示す図であり、

図 3 3 は、本発明の第 1 3 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図であり、

図 3 4 は、図 3 3 に示す受信アンテナ部 3 2 2 の構成を示す図であり、

図 3 5 は、中継装置 3 2 における受信信号の強度と、中継装置 3 2 および無線通信端末間の距離との関係を表すグラフであり、

図 3 6 は、本発明の第 1 4 の実施形態に係る無線通信システムの部分図であって、受信アンテナ部 3 2 2 x の構成およびその受信範囲 3 7 x の断面を模式的に示す図であり、

図 3 7 は、本発明の第 1 5 の実施形態に係る無線通信システムの部分図であって、受信アンテナ部 3 2 2 y の構成およびその受信範囲 3 7 y を模式的に示す図であり、

図 3 8 は、本発明の第 1 6 の実施形態に係る無線通信システムの部分図であって、受信アンテナ部 3 2 2 z の構成およびその受信範囲 3 7 z を模式的に示す図であり、

図 3 9 は、本発明の第 1 7 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図であり、

図 4 0 は、本発明の第 1 8 の実施の形態に係る無線通信システムの構成を示す図であり、

図 4 1 は、図 4 0 に示す無線通信システムの部分図であり、

図 4 2 は、図 4 1 に示す受信アンテナ部の受信範囲を模

式的に示す図であり、

図 4 3 は、特開平 9 - 2 3 3 0 5 0 号公報に記載の従来の無線通信システムの構成を示す図であり、

図 4 4 は、特許第 2 8 8 5 1 4 3 号明細書に記載の従来の無線通信システムの構成を示す図であり、

図 4 5 は、隣接する 2 つのチャンネルを利用する第 1 および第 2 の無線通信端末から送信される、IEEE 802.11a 規格に準拠した無線 LAN 信号のスペクトラムを示す図であり、

図 4 6 は、2 チャンネル離れた 2 つのチャンネルを利用する第 1 および第 3 の無線通信端末から送信される無線 LAN 信号のスペクトラムを示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

(第 1 の実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示すブロック図である。

図 1 において、無線通信システムは、制御装置 10 と、中継装置 20 - 1 ~ 20 - n (n : 1 以上の自然数) と、無線通信端末 30 - 1 ~ 30 - n とを備える。制御装置 10 と、中継装置 20 - 1 ~ 20 - n とは、それぞれ光伝送路 40 - 1 ~ 40 - n を介して接続されている。また、中継装置 20 - 1 ~ 20 - n と、無線通信端末 30 - 1 ~ 30 - n とは、それぞれ無線を介して接続されている。光伝

送路は、例えば、光ファイバである。

制御装置 10 と外部のネットワーク（図示せず）とは、イーサネット（登録商標）ケーブル 60 を介して接続される。なお、制御装置 10 と外部ネットワークとは、イーサネット（登録商標）ケーブル 60 以外のケーブル（例えば、電話線、同軸ケーブル、光ファイバ）を介して接続されてもよい。

以下、特に区別する必要がない場合、中継装置 20-1 ~ 20-n（ n ：1 以上の自然数）、無線通信端末 30-1 ~ 30-m（ m ：1 以上の自然数）、光伝送路 40-1 ~ 40-n を、中継装置 20、無線通信端末 30、光伝送路 40 と総称する。

中継装置 20 は、無線通信端末 30 が送信する無線信号を上り光信号に変換し、光伝送路 40 を介して制御装置 10 に送信する。制御装置 10 は、光伝送路 40 を介して中継装置 20 から送信されてくる上り光信号を上り電気信号に変換し、復調した後、イーサネット（登録商標）ケーブル 60 を介して外部ネットワークに送信する。

一方、制御装置 10 は、無線通信端末 30-1 ~ 30-m に送信すべき信号を下り光信号に変換し、光伝送路 40-1 ~ 40-n を介して中継装置 20-1 ~ 20-n に送信する。中継装置 20-1 ~ 20-n は、受信した下り光信号を無線信号に変換し、無線通信端末 30-1 ~ 30-m に送信する。

図 2 は、図 1 に示す制御装置 10 の詳細な構成を示すブロック図である。図 2 において、制御装置 10 は、送信信

号処理部 1 0 1 と、光送信部 1 0 2 と、光分配部 1 0 3 と、光受信部 1 0 4 — 1 ～ 1 0 4 — n と、受信信号処理部 1 0 5 とを含む。

送信信号処理部 1 0 1 は、イーサネット（登録商標）ケーブル 6 0 を介して外部ネットワークから送信されてきた信号を変調し、光送信部 1 0 2 に出力する。

光送信部 1 0 2 は、送信信号処理部 1 0 1 によって変調された信号を下り光信号に変換し、光分配部 1 0 3 に出力する。

光分配部 1 0 3 は、光送信部 1 0 2 によって変換された光信号を、n 個の下り光信号に分岐し、光伝送路 4 0 — 1 ～ 4 0 — n に送出する。

光受信部 1 0 4 — 1 ～ 1 0 4 — n は、光伝送路 4 0 — 1 ～ 4 0 — n を介して各中継装置 2 0 — 1 ～ 2 0 — n から送信されてきた上り光信号を受信すると、受信した上り光信号を電気信号に変換する。

受信信号処理部 1 0 5 は、光受信部 1 0 4 — 1 ～ 1 0 4 — n によって変換された電気信号を復調する。そして、受信信号処理部 1 0 5 は、復調した信号をイーサネット（登録商標）ケーブル 6 0 を介して外部ネットワークに送信する。なお、受信信号処理部 1 0 5 は、信号の復調以外の信号処理を行ってもよい。当該信号処理は、例えば、単純な加算、ダイバシティ受信、R A K E 受信、振幅調整、信号選択等である。

図 3 は、図 1 に示す中継装置 2 0 の詳細な構成を示すブロック図である。図 3 において、中継装置 2 0 は、光受信

部 2 0 1 と、無線送信部 2 0 2 と、分離部 2 0 3 と、送受信アンテナ部 2 0 4 と、無線受信部 2 0 5 と、光送信部 2 0 6 と、レベル制御部 2 0 7 とを含む。

光受信部 2 0 1 は、光伝送路 4 0 を介して制御装置 1 0 から送信されてくる下り光信号を受信すると、受信した下り光信号を下り電気信号に変換し、レベル制御部 2 0 7 に出力する。

レベル制御部 2 0 7 は、例えば、A G C (A u t o m a t i c G a i n C o n t r o l) アンプであって、光受信部 2 0 1 によって変換された下り電気信号のレベルを制御して無線送信部 2 0 2 に出力する。レベル制御部 2 0 7 は、中継装置 2 0 が無線通信端末 3 0 から受信する無線信号のレベルが所定ダイナミックレンジの範囲内に収まるように、下り電気信号のレベルを調整するが、詳細については後述する。

無線送信部 2 0 2 は、レベル制御部 2 0 7 から出力される下り電気信号に増幅等の処理を行い、分離部 2 0 3 に出力する。

分離部 2 0 3 は、無線送信部 2 0 2 から出力される下り電気信号を送受信アンテナ部 2 0 4 に出力する。また、分離部 2 0 3 は、送受信アンテナ部 2 0 4 が受信した電気信号を無線受信部 2 0 5 に出力する。

無線受信部 2 0 5 は、分離部 2 0 3 から出力される上り電気信号に増幅等の処理を行い、光送信部 2 0 6 に出力する。

光送信部 2 0 6 は、無線受信部 2 0 5 から出力される上

り電気信号を上り光信号に変換し、光伝送路40に送出する。

送受信アンテナ部204は、分離部203から出力される下り電気信号を無線信号として空中に送出する。また、送受信アンテナ部204は、無線通信端末30から送信されてきた無線信号を受信する。

ここで、下り電気信号のレベルをどの程度調整すべきかについて説明する。図4Aは、IEEE802.11a規格に準拠した無線LANで用いられ、中継装置が受信する無線信号のスペクトラムを示す図である。図4Aに示す無線信号は、信号成分1001と、信号漏洩成分1002と、信号漏洩成分1003とを有する。信号成分1001は、中継装置が受信すべき信号成分（無線通信端末が送信すべき信号成分）であって、帯域幅は約20MHzである。ここで、無線通信端末が中継装置に送信すべき信号成分を増幅する際、増幅器の非線形性によって、送信すべき信号成分以外に、送信すべき信号成分の帯域外周波数成分が出力されてしまう。

信号漏洩成分1002は、信号成分1001の帯域外周波数成分であって、信号成分1001に最も近いチャンネル（以下、隣接チャンネルと呼ぶ）に漏洩する成分である。信号漏洩成分1003は、信号成分1001の帯域外周波数成分であって、信号成分1001に2番目に近いチャンネル（以下、次隣接チャンネルと呼ぶ）に漏洩する成分である。説明の簡単のために、それぞれの信号スペクトラムは、一定レベルであるものとして説明する。

無線通信システムにおいて、無線信号の変調方式が 64 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) である場合、信号対妨害比 (以下、D/U (Desired/Undesired) 比と呼ぶ) が、約 22 dB 以上であれば、正常に通信することができる。また、IEEE 802.11a では、他チャンネルからの干渉がある場合、中継装置が受信する信号のダイナミックレンジは、最大約 32 dB となるべきであると規定されている。

また、漏洩比 1004 は、信号漏洩成分 1002 と信号成分 1001 とのレベル差で表される。漏洩比 1005 は、信号漏洩成分 1003 と信号成分 1001 とのレベル差である。

ARIB STD-T71 において、漏洩比 1004 は、約 -25 dB 以下、次隣接チャンネル漏洩比 1005 は約 -40 dB 以下となるべきであると規定されている。

D/U 比を 22 dB とし、かつ、隣接するチャンネルへの漏洩比を -25 dB 以下とするためには、無線通信端末から受信する無線信号のダイナミックレンジを 3 dB 以下としなければならない。しかしながら、受信する無線信号のダイナミックレンジを 3 dB 以下に抑えることは困難であり、現実的でないため、隣接する 2 チャンネルの信号を同時に使用することはできない。

次に、2 チャンネル離れた 2 つの信号を利用する場合について考える。図 4 B は、2 チャンネル離れた 2 つのチャンネルを利用する第 1 および第 2 の無線通信端末から送信

される無線LAN信号のスペクトラムを示す図である。

実線は、信号aのスペクトラムを示し、点線は、信号cのスペクトラムを示す。第1の無線通信端末が送信する信号aと、第2の無線通信端末が送信する信号cとは、互いに2つ離れたチャンネルの信号である。以下、信号aが、信号cから漏洩する信号の成分に妨害を受ける場合について説明する。

信号aは、信号成分1001aと、信号漏洩成分1002aと、信号漏洩成分1003aとを有する。信号成分1001aは、中継装置が受信すべき信号aの成分である。信号漏洩成分1002aは、信号成分1001aの帯域外周波数成分であって、信号成分1001aの隣接チャンネルに漏洩する成分である。信号漏洩成分1003aは、信号成分1001aの帯域外周波数成分であって、信号成分1001aの次隣接チャンネルに漏洩する成分である。

信号cは、信号成分1001cと、信号漏洩成分1002cと、信号漏洩成分1003cとを有する。信号成分1001cは、中継装置が受信すべき信号cの信号成分である。信号漏洩成分1002cは、信号成分1001cの隣接チャンネルに漏洩する信号の成分である。信号漏洩成分1003cは、信号成分1001cの次隣接チャンネルに漏洩する信号の成分である。D/U比1006は、信号aに対する次隣接チャンネルからの漏洩比であって、信号成分1001aのレベルと信号漏洩成分1003cのレベルとの差である。

レベル差1007は、信号成分1001aのレベルと信

号漏洩成分 1 0 0 3 c のレベルとの差である。変調方式として 6 4 Q A M を利用する場合、D / U 比 1 0 0 6 を 2 2 d B 確保するためには、次隣接チャンネル漏洩比が - 4 0 d B であることから、レベル差 1 0 0 7 を 1 8 d B とすればよいことが分かる。つまり、中継装置が受信する無線信号のダイナミックレンジを 1 8 d B 以下とすれば、信号 a および信号 c のレベル差を 1 8 d B 以下とすることができる。

よって、中継装置 2 0 において、レベル制御部 2 0 7 は、中継装置 2 0 が受信する無線信号のダイナミックレンジが 1 8 d B 以下となるように、中継装置 2 0 から無線通信端末 3 0 に送出する無線信号のパワーを調整すればよい。このように、中継装置が受信する無線信号のレベルを、各無線通信端末が利用するそれぞれのチャンネルにおいて、他のチャンネルへの漏洩比と、D / U 比との差よりも小さい範囲に収めることで、中継装置は、正常に通信することができる。

図 5 は、中継装置 2 0 における受信信号の強度と、中継装置 2 0 および無線通信端末 3 0 間の距離との関係を表すグラフである。図 5 に示すグラフにおいて、縦軸は、中継装置 2 0 が受信する無線信号の強度を表し、横軸は、中継装置 2 0 および無線通信端末 3 0 の間の距離を表す。

図 5 に示すように、中継装置 2 0 が受信する無線信号の強度は、無線通信端末との距離に依存する。例えば、中継装置において、受信した無線信号が他チャンネルの妨害を受けた場合、中継装置 2 0 は、無線通信端末 3 0 に送出す

る無線信号のパワーを小さくする。これにより、中継装置 20 と通信可能な無線通信端末 30 の存在可能範囲が狭くなる。つまり、中継装置と無線通信端末との距離のばらつきが小さくなる。これにより、狭められた無線通信区間に存在する無線通信端末から送信され、中継装置 20 が受信する無線信号のばらつきを小さくすることができるため、受信する無線信号を所定ダイナミックレンジの範囲内（図 5 に示す縦線模様の部分）に収めることができる。

以上のように、本実施形態において、中継装置は、無線通信端末に送信する無線信号のパワーを調整する。これにより、通信可能な無線通信端末の存在可能範囲を調整することができる。したがって、無線通信端末から送信され、中継装置が受信する無線信号のレベルを所定ダイナミックレンジの範囲内に収めることができる。よって、他チャンネルの信号に妨害されることなく、複数のチャンネルからなる無線 LAN 信号を同一のエリアで用いて通信することができる。

なお、制御装置から送出される n 個の下り光信号、および中継装置から送出される n 個の上り光信号は、図 1 における光伝送路 40-1 ~ 40- n にそれぞれ対応している。上り光信号と下り光信号とを異なる伝送路で伝送する場合、光伝送路 40-1 ~ n は、2 芯の光ファイバから構成される。また、一芯双方向伝送の場合、光伝送路 40-1 ~ n は、それぞれ 1 芯の光ファイバから構成される。

また、本実施形態において、変調方式が 64 QAM である場合について説明した。ここで、他の変調方式を利用す

る場合、必要な D / U 比が小さくなる。したがって、隣接するチャンネルを同時に使用した場合においても、ダイナミックレンジを抑制することによって通信が可能となる。この場合においても、どの程度ダイナミックレンジを抑制すればよいかは、本実施形態と同様に考えればよい。

なお、本実施形態において、中継装置が受信する無線信号のレベルが大きく、上り光信号に変換した際にひずみが発生する場合、中継装置は、受信した無線信号のレベルを減衰する減衰器を設けていてもよい。これにより、無線信号を高品質に光伝送することができる。

次に、第 1 の実施形態の変形例について説明する。図 6 は、本変形例に係る無線通信システムが備える制御装置 10 a の構成を示すブロック図である。図 6 に示す制御装置 10 a は、図 2 に示す制御装置 10 と比較すると、パイロット信号生成部 106 をさらに含む点で相違する。それ以外の構成は第 1 の実施形態と同様であるため、図 2 と同様の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

パイロット信号生成部 106 は、パイロット信号を生成し、光送信部 102 に出力する。パイロット信号は、中継装置から送出される無線信号のレベルを制御するための信号であって、送信される無線信号よりも低い周波数の信号である。パイロット信号のレベルは、中継装置から送信すべき無線信号のレベルに比例する。中継装置 20 において受信した無線信号が他チャンネルの信号の妨害を受けた場合、パイロット信号生成部 106 は、生成するパイロット信号のレベルを大きくする。

光送信部 102 は、パイロット信号生成部 106 によって生成されたパイロット信号を、送信信号処理部 101 から出力される下り電気信号に重畳させ、下り光信号に変換する。

図 7 は、本変形例に係る無線通信システムが備える中継装置 20a の構成を示すブロック図である。図 7 に示す中継装置 20a は、光受信部 201a と、無線送信部 202 と、分離部 203 と、送受信アンテナ部 204 と、無線受信部 205 と、光送信部 206 と、パイロット信号検出部 208 と、レベル制御部 209 とを含む。図 3 と同様の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

光受信部 201a は、光伝送路 40 を介して制御装置 10 から送信されてきた下り光信号を下り電気信号に変換し、パイロット信号検出部 208 に出力する。

パイロット信号検出部 208 は、下り電気信号に重畳されているパイロット信号のレベルを検出し、検出したレベルと共に下り電気信号をレベル制御部 209 に出力する。

レベル制御部 209 は、下り電気信号のレベルを調整し、無線送信部 202 に出力する。レベル制御部 209 は、パイロット信号検出部 208 によって検出されたパイロット信号のレベルを基準にして、パイロット信号のレベルが常に一定になるように、下り電気信号のレベルを調整する。つまり、レベル制御部 209 は、パイロット信号のレベルが相対的に小さくなれば、下り電気信号を増幅し、逆に、パイロット信号のレベルが相対的に大きくなれば、下り電気信号を減衰する。

一般的に、周波数変調された無線信号のレベルを正確に検出することは難しい。特に、変調方式として、振幅変調やバースト変調、スペクトラム拡散信号変調を利用している場合、無線信号のレベルを正確に検出することが困難となる。しかしながら、上述の方法によれば、中継装置 20 がパイロット信号の振幅を検出すればよいため、容易に無線信号のレベルを推定することができる。

以上のように、本変形例において、制御装置は、中継装置から送信されてきた上り光信号を正確に復調することができない場合、生成するパイロット信号のレベルを大きくする。中継装置は、制御装置から受信するパイロット信号のレベルを一定レベルに保つように下り電気信号のレベルを低減する。これにより、中継装置の通信可能範囲を狭くし、無線通信端末から受信する無線信号のレベルを所定の範囲内に収めることができる。したがって、他チャンネルの信号に妨害されることなく、複数のチャンネルからなる無線 LAN 信号を同一のエリアで用いて通信することができる。

(第 2 の実施形態)

図 8 は、本発明の第 2 の実施形態に係る無線通信システムが備える制御装置 10b の構成を示すブロック図である。

図 8 に示す制御装置 10b は、図 2 に示す制御装置 10 と比較すると、光分配部 103 の代わりに送信信号分配部 107 が設けられている点で相違する。それ以外の構成は、第 1 の実施形態と同様であるため、図 2 と同じ構成要素

については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。なお、本実施形態において、中継装置 20 は、図 3 に示す構成のうち、レベル制御部 207 が省略された構成となる。

制御装置 10b において、送信信号処理部 101 は、外部ネットワークから受信した信号を変調し、送信信号分配部 107 に出力する。

送信信号分配部 107 は、送信信号処理部 101 によって変調された信号を n 個に分岐する。そして、送信信号分配部 107 は、分配した n 個の信号をそれぞれ光送信部 102-1 ~ 102- n に出力する。

光送信部 102-1 ~ 102- n は、送信信号分配部 107 によって分岐された信号を下り光信号に変換して、光伝送路 40-1 ~ 40- n に送出する。このように、 n 個の下り光信号が各局に光伝送される。

以上の構成により、送信信号分配部 107 が、分岐した電気信号を光送信部 102-1 ~ 102- n に出力することによって、一つの光送信部が出力する光パワーを小さくすることができる。これにより、下り光信号のレベルが小さくなるため、中継装置が送信する無線信号のレベルを低減することができる。

以上のように、本実施形態によれば、制御装置は、中継装置に送信する光信号のレベルを低減する。これにより、中継装置から無線通信端末に送信される無線信号のパワーが低減されることとなる。これにより、通信可能な無線通信端末の存在可能範囲が狭くなるため、無線通信端末から

送信され、中継装置 20 が受信する無線信号のダイナミックレンジは小さくなる。したがって、他チャンネルの信号に妨害されることなく、複数のチャンネルからなる無線 LAN 信号を同一のエリアで用いて通信することができる。

また、分岐された下り電気信号が光送信部によって下り光信号に変換されるため、1つの光送信部に入力される電気信号のレベルが小さくなる。レベルの大きい電気信号を光信号に変換する場合、ひずみが発生しやすくなるため、本実施形態において、レベルが小さい電気信号を変換する光送信部が有する光源（発光素子）の信頼性が向上する。また、レベルが小さい電気信号を扱うため、廉価な光源を採用することができる。さらに、1つの光源から出力される光信号を分配する場合、その光源が故障するとシステム全体の機能が失われてしまう。しかしながら、本実施形態によれば、1つの光源が故障した場合においても、機能が停止してしまうのは、その光源を有する光送信部だけである。したがって、機能が停止した光送信部に対応する中継装置だけの機能停止で済むため、システム全体への影響を小さくすることができる。

なお、本実施形態において、各中継装置から伝送される n 個の上り光信号は、それぞれ光受信部 104-1 ~ 104-n によって受信される。ここで、 n 個の上り光信号をまとめて一つの光信号として受信することも可能である。

図 9 は、上り光信号をまとめて受信する制御装置 10c の構成を示すブロック図である。図 9 に示す制御装置 10c は、図 2 に示す制御装置 10 と比較すると、光合波部 1

08をさらに含み、制御装置10cに設けられている光受信部が1つであるという点で相違する。それ以外の構成は、図2と同様であるため、図2と同じ構成要素については同一の符号を付し、説明を省略する。

光合波部108は、光伝送路40-1～40-nを介して送信されてくるn個の上り光信号を1つの光信号に合波し、光受信部104に出力する。

光受信部104は、光合波部108によって合波された上り光信号を電気信号に変換し、受信信号処理部105に出力する。

以上の構成により、制御装置は、複数の上り光信号をまとめて1つの光信号として受信することができる。したがって、制御装置に設ける光受信部が1つで済むため、システムの構成が簡易となる。よって、システムを安価に構築することができる。なお、複数の上り光信号の波長が互いに近い場合、ビートが発生する。周波数が接近した複数の上り光信号を1つの光受信部で受信すると、周波数のうねり（ビート）が発生する場合がある。その場合、ビートの発生を防止するなんらかの機能を制御装置に設けるとよい。

次に、本実施形態の第1の変形例について説明する。本変形例において、制御装置は、送信する光信号の光変調度を調整する。光変調度とは、光信号で変調した搬送波の振幅変化の度合いをいう。

図10は、発光素子に入力される入力信号と、光の出力パワーとの関係（レーザIL特性）を示す図である。図1

0において、横軸は、発光素子に入力される入力信号の電流値を表し、縦軸は、発光素子から出力される光信号のパワーを表す。

ここで、光変調度 m は、

$$m = \Delta I / (I_b - I_{th}) \cdots (1)$$

で表される。式(1)において、 ΔI は入力信号の電流値、 I_b はバイアス電流値を表す。また、 I_{th} は、発光素子(図示せず)のレーザ閾値(出力の最低の励起準位)である。

バイアス電流は、光送信部が有する発光素子を駆動するための直流電流である。また、バイアス電流は、交流信号である送信信号の変化の中心点を与える。

制御装置から送信する光信号の光変調度を調整することによって、中継装置から送信される無線信号のレベルを間接的に調整することができる。

図11は、本変形例に係る無線通信システムが備える制御装置10dの構成を示すブロック図である。図11において、制御装置10dは、送信信号処理部101dと、光送信部102dと、光分配部103と、光受信部104-1～104-nと、受信信号処理部105dと、監視部109と、レベル制御部110とを含む。

受信信号処理部105dは、光受信部104-1～104-nによって変換された上り電気信号を監視部109に出力する。

監視部109は、受信信号処理部105dから出力される上り電気信号の品質を評価し、上り電気信号が他チャ

ネルによる妨害を受けているか否かを判断する。上り電気信号に他チャンネルの信号が漏洩し、上り電気信号の品質が劣化している場合、監視部 109 は、光送信部 102 d に出力する入力信号のレベルを低減するように、レベル制御部 110 に指示する。

送信信号処理部 101 d は、変調した送信信号をレベル制御部 110 に出力する。

レベル制御部 110 は、光送信部 102 の前段に設けられている可変減衰器（図示せず）または可変増幅器（図示せず）を制御する。これにより、送信信号のレベルが調整される。レベル制御部 110 は、レベルを調整した信号を光送信部 102 d に出力する。

光送信部 102 d は、送信信号を下り光信号に変換して、光伝送路 40 に出力する。このとき、送信信号のレベルが低減されている場合、光変調度が低減される。したがって、光送信部 102 d が出力する下り光信号のパワーが低減される。

中継装置において、光受信部 201 が受光素子に流れる平均受光電流を検出し、その値から無線信号のレベルを検出している場合、下り光信号の光変調度が変化していても、受光素子に流れる平均受光電流は変化しない。したがって、中継装置 20 における動作は、前述の第 1 の実施形態と同様である。なお、この場合、中継装置 20 には、図 3 に示すレベル制御部 207 を設けていなくてもよい。

このように、制御装置 10 が、中継装置 20 に送信する光信号の光変調度を大きくすると、中継装置から送信され

る無線信号のパワーが大きくなる。一方、制御装置が中継装置 20 に送信する光信号の光変調度を小さくすると、中継装置から送出する無線信号のパワーが小さくなる。つまり、中継装置から送出する無線信号のパワーを制御装置が制御することができる。したがって、中継装置が受信する無線信号のダイナミックレンジを制御することができる。

以上のように、本変形例によれば、制御装置は、中継装置から送信されてくる信号の品質を評価し、上りの信号の品質が所定の条件を満たさなくなると、中継装置に送信する光信号のレベルを低減する。これにより、中継装置から無線通信端末に送信される無線信号のパワーが低減されることとなる。これにより、通信可能な無線通信端末の存在可能範囲が狭くなるため、無線通信端末から送信され、中継装置 20 が受信する無線信号のダイナミックレンジは小さくなる。したがって、他チャンネルの信号に妨害されることなく、複数のチャンネルからなる無線 LAN 信号を同一のエリアで用いて通信することができる。

なお、監視部 109 は、信号の品質が劣化したことを検出すると、そのことを光送信部 102 を通じて中継装置に通知し、中継装置において送出する無線信号の送出パワーを低減するよう制御することとしてもよい。その場合、制御装置に、レベル制御部を設けなくてもよい。

また、中継装置から送信する無線信号のレベルを制御するための命令を制御装置が生成し、デジタル情報として中継装置に送信してもよい。

以上では、光変調度を調整するために入力信号のレベル

を制御する方法について説明したが、光変調度を調整するために、バイアス電流のレベルを制御することとしてもよい。

図 1 2 は、バイアス電流のレベルを制御することによって、光変調度を調整する制御装置 1 0 e の構成を示すブロック図である。

図 1 2 に示す制御装置 1 0 e は、送信信号処理部 1 0 1 と、光送信部 1 0 2 と、光分配部 1 0 3 と、光受信部 1 0 4 - 1 ~ 1 0 4 - n と、受信信号処理部 1 0 5 e と、監視部 1 0 9 e と、バイアス制御部 1 1 1 とを含む。なお、図 1 1 と同様の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

送信信号処理部 1 0 1 は、変調した送信信号を光送信部 1 0 2 に出力する。

監視部 1 0 9 e は、受信信号処理部 1 0 5 e から出力される上り電気信号の品質を評価し、上り電気信号が他チャンネルによる妨害を受けているか否かを判断する。上り電気信号に他チャンネルの信号が漏洩し、上り電気信号の品質が劣化している場合、監視部 1 0 9 は、光送信部 1 0 2 に出力するバイアス電流のレベルを低減するよう、バイアス制御部 1 1 1 に指示する。

バイアス制御部 1 1 1 は、監視部 1 0 9 e からの指示に応じて、光送信部 1 0 2 の発光素子に入力されるバイアス電流を調整する。具体的には、バイアス制御部 1 1 1 は、発光素子を駆動するためのバイアス回路（図示せず）を制御することによって、発光素子に入力されるバイアス電流

を調整する。

光送信部 102 は、送信信号を下り光信号に変換して、光伝送路 40 に出力する。このとき、バイアス電流のレベルが低減されているため、光変調度が低減されることとなる。したがって、光送信部 102 が出力する下り光信号のパワーが低減される。

以上のように、本変形例によれば、制御装置は、中継装置から送信されてくる信号の品質を評価し、上りの信号の品質が所定の条件を満たさなくなると、中継装置に送信する光信号のレベルを低減する。これにより、中継装置から無線通信端末に送信される無線信号のパワーが低減されることとなる。これにより、通信可能な無線通信端末の存在可能範囲が狭くなるため、無線通信端末から送信され、中継装置 20 が受信する無線信号のダイナミックレンジは小さくなる。したがって、他チャンネルの信号に妨害されることなく、複数のチャンネルからなる無線 LAN 信号を同一のエリアで用いて通信することができる。

なお、本実施形態において、制御装置が送信する光信号のパワーを調整する手段について説明したが、下り光信号のパワーを調整することができる手段であればよく、上述の手段に限られない。例えば、下り光信号のパワーを調整するパワー調整部を制御装置に設けてもよい。

図 13 は、下り光信号のパワーを調整する制御装置 10f の構成を示すブロック図である。図 13 において、制御装置 10f は、送信信号処理部 101 と、光送信部 102 と、光分配部 103f と、光受信部 104-1 ~ 104-

n と、受信信号処理部 105 と、監視部 109 f - 1 ~ 109 f - n と、パワー調整部 120 とを含む。なお、図 12 と同様の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

光分配部 103 f は、n 個に分岐した下り光信号を、後述する可変光減衰器 121 - 1 ~ 121 - n に出力する。

監視部 109 f - 1 ~ 109 f - n は、光受信部 104 - 1 ~ 104 - n が受信した上り光信号の品質を監視する。監視部 109 f - 1 ~ 109 f - n は、上り光信号の品質が劣化している場合、光分配部 103 から出力される下り光信号のレベルを低減するよう、後述する可変光減衰器駆動部 122 に指示する。

パワー調整部 120 は、可変光減衰器 121 - 1 ~ 121 - n と、可変光減衰器駆動部 122 とを有し、光送信部 102 f から出力される下り光信号のパワーを調整する。

可変光減衰器 121 - 1 ~ 121 - n は、光分配部 103 f から出力される下り光信号のパワーを減衰させ、光伝送路 40 - 1 ~ 40 - n に送出する。

可変光減衰器駆動部 122 は、監視部 109 f - 1 ~ 109 f - n の指示に応じて、光分配部 103 から出力される下り光信号のパワーが低減するように、可変光減衰器 121 - 1 ~ 121 - n を駆動する電流のレベルを調整する。

このように、中継装置から送信されてきた上り光信号の品質が低下した場合、制御装置は、中継装置に送信する下り光信号のパワーを低減する。これにより、中継装置から

送信される無線信号のパワーを低減することができる。

(第3の実施形態)

以下、本発明の第3の実施形態に係る無線通信システムについて説明する。本実施形態に係る無線通信システムは、光信号の品質が低下したことを検知すると、中継装置からの無線信号の送信を停止させる。品質が劣化した無線信号を送受信すると、他の通信機器や人体に悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、無線信号を利用して通信する場合、通信機器が送信する無線信号の品質を、電波法に定められている公的な条件を満たすものにしなければならない。本実施形態においては、無線通信システムが光信号の品質を評価する場合を例に説明する。

図14は、本実施形態に係る無線通信システムが備える中継装置20bの構成を示すブロック図である。図14において、中継装置20bは、光受信部201bと、無線送信部202bと、分離部203と、送受信アンテナ部204と、無線受信部205と、光送信部206bと、品質評価部290bとを含む。なお、図3と同様の構成要素には、同一の符号を付し、説明を省略する。

光伝送路40を介して制御装置10から送信されてきた下り光信号は、光送信部201bによって下り電気信号に変換される。光送信部201bは、変換した下り電気信号を無線送信部202bに出力する。

一方、光送信部206bは、無線受信部205から出力される上り電気信号を上り光信号に変換し、後述する光カプラ部210に出力する。

品質評価部 290b は、光カプラ部 210 と、光パワー検出部 211 と、パワー制御部 212 とを有する。

光カプラ部 210 は、光送信部 206b によって変換された上り光信号を光伝送路 40 に送出する。また、光カプラ部 210 は、光伝送路 40 から反射される反射光を光パワー検出部 211 に出力する。

光パワー検出部 211 は、光カプラ部 210 から出力される反射光のレベルを検出し、反射光のレベルが所定値以上であるか否かを判断する。光伝送路 40 に異常が発生した場合、光伝送路 40 に光信号を出射した際の反射光のレベルが増大する。反射光のレベルが所定値以上である場合、光パワー検出部 211 は、光伝送路に異常が発生したと判断する。その場合、光パワー検出部 211 は、無線信号電波の送出を停止するよう、パワー制御部 212 に指示する。

パワー制御部 212 は、無線送信部 202b を制御して、無線通信端末への無線信号電波の送出を停止する。具体的には、パワー制御部 212 は、無線送信部 202b の電源を OFF にするか、または、無線送信部 202b における信号の経路のスイッチ（図示せず）を OFF にする。

光伝送路 40 に異常が発生し、光信号の伝送品質が低下すると、無線信号に品質も、電波法に定められているスプリアス発射電力や帯域外輻射電力等の項目について、規定の条件を満たすことができなくなる。スプリアス発射電力、および帯域外輻射電力とは、必要な周波数帯域外における不要波の発射電力をいう。これらが発射されると、他の

通信機器を妨害してしまう恐れがあるため、不要波の発射電力は、できるだけ小さいことが望ましい。また、スプリアス発射電力、および帯域外輻射電力の許容値は、電波法において、周波数帯ごとに規定されている。中継装置 20 は、上り光信号の伝送品質が低下した場合に、無線信号の送信を停止する。

以上のように、本実施形態によれば、光伝送路に異常が発生した場合に、中継装置からの無線信号の送信を停止することができる。したがって、公的な条件を満たさない無線信号が送信されることがない。また、中継装置において、反射光のレベルを検出するだけでよいため、システムの構成を簡易なものとすることができる。

なお、光伝送路が、2 芯の光ファイバからなる場合においても、光ファイバの障害は、同じケーブル内に光ファイバに同じように影響することが多い。したがって、本方法は有効である。また、一芯双方向伝送の場合は、片方向だけに影響する可能性は極めて小さいため、本方法は有効である。

次に、第 3 の実施形態の変形例について説明する。本変形例に係る無線通信システムにおいて、中継装置 20 c は、制御装置 10 から受信した下り光信号の品質を評価する。

図 15 は、本変形例に係る無線通信システムが備える中継装置 20 c の構成を示すブロック図である。図 15 において、中継装置 20 c は、光受信部 201 c と、無線送信部 202 c と、分離部 203 と、送受信アンテナ部 204

と、無線受信部 205 と、光送信部 206 c と、品質評価部 290 c とを含む。なお、図 3 と同様の構成要素には、同一の符号を付し、説明を省略する。

光受信部 201 c は、光伝送路 40 から送出される下り光信号を下り電気信号に変換して、無線送信部 202 と、後述する受光パワー検出部 213 とに出力する。

品質評価部 290 c は、パワー制御部 212 と、受光パワー検出部 213 とを有する。

受光パワー検出部 213 は、光受信部 201 が受信した下り光信号のパワーを検出し、下り光信号のパワーが所定値以上であるか否かを判断する。下り光信号のパワーが所定値未満となった場合、受光パワー検出部 213 は、無線信号の送信を停止するよう、パワー制御部 212 に指示する。

パワー制御部 212 は、受光パワー検出部 213 からの指示に応じて、無線信号の出力を停止させる。具体的には、パワー制御部 212 は、無線送信部 202 c の電源を OFF にすることによって、無線信号の出力を停止させる。なお、パワー制御部 212 は、無線送信部 202 c の経路をスイッチによって OFF とすることで、無線信号の出力を停止させてもよい。

光伝送路 40 に異常が発生した場合、一般的には、光信号の伝送品質が劣化する。したがって、光伝送路の異常を監視することによって、間接的に伝送品質の劣化を検出することができる。伝送路に異常が発生し、伝送損失が増加すると、受光パワー検出部 213 が検出する光信号のパワ

一が低下する。したがって、中継装置において、受信する下り光信号のパワーを監視することによって、光信号の伝送品質を評価することができる。

以上のように、本変形例によれば、光伝送路に異常が発生した場合に、中継装置からの無線信号の送信を停止することができる。したがって、公的な条件を満たさない無線信号が送信されることがない。また、本変形例において、中継装置は、光伝送路を介して制御装置から送信されてくる光信号のレベルを検出する機能を有していればよく、スプリアス発射電力や帯域外輻射電力を測定するための複雑な検出回路を設ける必要がない。

（第４の実施形態）

以下、本発明の第４の実施形態に係る無線通信システムについて説明する。本実施形態に係る無線通信システムにおいて、中継装置は、下り電気信号の品質を評価する。

図１６は、本実施形態に係る無線通信システムが備える中継装置２０ｄの構成を示すブロック図である。図１６において、中継装置２０ｄは、光受信部２０１ｄと、無線送信部２０２ｄと、分離部２０３と、送受信アンテナ部２０４と、無線受信部２０５と、光送信部２０６と、品質評価部２９０ｄとを含む。なお、図３と同様の構成要素には、同一の符号を付し、その説明を省略する。

無線送信部２０２ｄは、光受信部２０１ｄによって変換された下り電気信号に増幅等の処理を行った後、分離部２０３と、後述する電気信号評価部２１４とに出力する。

品質評価部２９０ｄは、パワー制御部２１２ｄと、電気

信号評価部 214 とを有する。

電気信号評価部 214 は、無線送信部 202d から出力される下り電気信号の品質を評価する。

図 17 は、電気信号評価部 214 の詳細な構成を示すブロック図である。図 17 において、電気信号評価部 214 は、バンドパスフィルタ s (以下、BPF- s と呼ぶ) 251 と、バンドパスフィルタ (以下、BPF と呼ぶ) 252-1 ~ 252- n と、レベル検出部 253-1 ~ 253- n と、レベル判定部 254 とからなる。

BPF- s 251, BPF 252-1 ~ 252- n は、スペクトラムマスクに応じた周波数を通過させる。BPF- s 251 は、本来送信すべき周波数帯域の無線信号を通過させ、当該無線信号の帯域外周波数を除去する。BPF- s 251 は、通過させた信号の周波数成分をレベル検出部 253-1 に出力する。レベル検出部 253-1 は、BPF- s 251 から出力される信号のレベルを検出し、レベル判定部 254 に出力する。

BPF 252-1 ~ 252- n は、無線信号の帯域外周波数成分を通過させ、レベル検出部 253-2 ~ 253- $n+1$ に出力する。なお、BPF 252-1 ~ 252- n は、それぞれ異なる周波数を通過させる。

レベル判定部 254 は、レベル検出部 253-1 によって検出された周波数のレベルに対して、レベル検出部 253-2 ~ 253- $n+1$ によって検出された帯域外周波数のレベルが一定レベル以上であるか否かを判断する。無線信号の品質が低下すると、無線信号の帯域外周波数のレベ

ル、つまり、不要輻射電力のレベルが増加する。無線信号のレベルに対する不要輻射電力のレベルが一定レベル以上になった場合、レベル判定部 254 は、無線信号の送信を停止するようパワー制御部 212 に指示する。

パワー制御部 212 は、電気信号評価部 214 からの指示に応じて、無線信号の出力を停止させる。パワー制御部 212 の具体的な動作は、図 15 に示すパワー制御部 212 と同様であるため、説明を省略する。

以上のように、本実施形態において、中継装置は、無線信号のレベルに対する不要輻射電力のレベルが一定レベル以上となり、無線信号の品質が公的な条件を満たすことができなくなると判断した場合、無線信号の送信を停止する。したがって、公的な条件を満たさない無線信号が送信されることがない。

次に、第 4 の実施形態の変形例について説明する。本変形例に係る無線通信システムにおいて、制御装置は、試験信号を重畳した下り電気信号を下り光信号に変換して中継装置に送信する。中継装置は、制御装置から受信した試験信号の品質を評価する。

具体的には、中継装置は、試験信号の相互変調ひずみを評価する。相互変調ひずみとは、複数の異なる周波数の信号が、制御装置において下り光信号に変換される際に発生する信号をいう。相互変調ひずみは、発光素子の I L 特性に非直線性があるために発生する。

一般的に、異なる 2 波の信号が発光素子や増幅器等に入力されると、それぞれの基本波の周波数以外に、高調波成

分や、2つの基本波の周波数の和および差、基本波の周波数と高調波の周波数との和および差、2つの高調波の周波数の和および差などの成分が現れる。このように、複数の周波数の相互関係から生じる周波数成分（高調波以外の成分）を相互変調ひずみと呼ぶ。例えば、周波数 a と、周波数 b の2波が発光素子や増幅器等に入力された場合、相互変調ひずみとして、周波数 $2a - b$ などが発生する。周波数 $2a - b$ は、主信号の周波数に接近するため、主信号を妨害する恐れがある。

図18は、本変形例に係る無線通信システムが備える制御装置10gの構成を示すブロック図である。図18において、制御装置10gは、送信信号処理部101と、光送信部102gと、光分配部103と、光受信部104-1～104-nと、受信信号処理部105と、試験信号送信部112とを含む。なお、図2と同様の構成要素には、同一の符号を付し、説明を省略する。

試験信号送信部112は、下り電気信号に重畳させるための試験信号を生成し、光送信部102gに出力する。試験信号送信部112は、発振器SG-aと、発振器SG-bとを有する。

発振器SG-aは、試験信号aを生成し、光送信部102gに出力する。試験信号aの周波数を a とする。発振器SG-bは、試験信号bを生成し、光送信部102gに出力する。試験信号bの周波数を b とする。

光送信部102gは、送信信号処理部101から出力される下り電気信号に、試験信号送信部112から出力され

る試験信号 a , b を重畳させて下り光信号に変換する。

次に、制御装置 10 g から送信されてくる試験信号を評価する中継装置について説明する。本変形例に係る中継装置の構成は、図 16 に示す中継装置 20 d の構成と比較すると、電気信号評価部の構成以外は同様であるため、図 16 を援用し、電気信号評価部についてのみ説明する。また、本変形例に係る中継装置が含む電気信号評価部を図 17 に示す電気信号評価部 214 と区別するために、本変形例に係る中継装置が含む電気信号評価部を電気信号評価部 214 e と呼ぶ。

図 19 は、電気信号評価部 214 e の詳細な構成を示すブロック図である。図 19 において、電気信号評価部 214 e は、バンドパスフィルタ a (以下、BPF- a と呼ぶ) 255 と、バンドパスフィルタ (2a- b) (以下、BPF-(2a- b) と呼ぶ) 256 と、レベル検出部 253-1 ~ 253-2 と、レベル判定部 254 e とからなる。

BPF- a 255 は、周波数 a の試験信号 a を通過させて、試験信号 a の帯域外周波数を除去する。そして、BPF- a 255 は、通過させた試験信号 a をレベル検出部 253-1 に出力する。レベル検出部 253-1 は、試験信号 a のレベルを検出し、レベル判定部 254 e に出力する。

BPF-(2a- b) 256 は、相互変調ひずみの周波数 (2a- b) を通過させ、レベル検出部 253-2 に出力する。

レベル判定部 254 e は、レベル検出部 253-1 によ

って検出された試験信号 a のレベルに対して、レベル検出部 2 5 3 - 2 によって検出された相互変調ひずみのレベルが一定レベル以上であるか否かを判断する。試験信号 a のレベルに対する相互変調ひずみのレベルが一定レベル以上になった場合、レベル判定部 2 5 4 e は、無線信号の送信を停止するようパワー制御部 2 1 2 に指示する。

パワー制御部 2 1 2 は、電気信号評価部 2 1 4 からの指示に応じて、無線信号の出力を停止させる。パワー制御部 2 1 2 の具体的な動作は、図 1 5 に示すパワー制御部 2 1 2 と同様であるため、説明を省略する。

以上のように、本変形例によれば、中継装置は、制御装置から送信されてくる試験信号の相互変調ひずみを評価し、試験信号のレベルに対する相互変調ひずみのレベルが一定レベル以上となった場合、無線信号の送信を停止する。これにより、品質が劣化した無線信号を送信することを防止することができる。

一般的に、スプリアス発射電力や帯域外輻射電力等を直接測定することは困難であり、これらを測定するためのコストも高い。しかしながら、本変形例によれば、試験用信号の相互変調ひずみを測定すればよい。相互変調ひずみを測定するためには、例えば、予め設定した周波数だけを観測すればよいというメリットがある。

なお、上記変形例においては、試験信号の相互変調ひずみを測定する方法について説明したが、相互変調ひずみの代わりに、試験信号の高調波ひずみを測定することによっ

て、伝送品質を評価することとしてもよい。

高調波とは、基本周波数の整数倍の周波数をもつ成分をいう。例えば、周波数 a の信号 a を非直線回路に入力すると、ひずみが発生し、周波数 $2a$ や周波数 $3a$ の高調波が周波数 a と共に出力される。信号の伝送品質が低下すると、これらの高調波のレベルが上昇する。したがって、高調波ひずみを測定することによって、伝送品質を評価することもできる。

その場合、制御装置から中継装置に送信される試験信号は、1種類でよい。ため、図18に示す試験信号送信部112は、発振器SG-aのみを有していればよい。これにより、中継装置には、試験信号 a が重畳された下り光信号が送信されることとなる。中継装置において、図19に示す電気信号評価部214eは、BPF-($2a-b$)の代わりに、周波数 $2a$ を通過させるバンドパスフィルタ- $2a$ を有していればよい。

図20は、電気信号評価部214fの構成を示すブロック図である。高調波ひずみを検出する場合、図16に示す中継装置20dは、電気信号評価部214の代わりに、図20に示す電気信号評価部214fを含む。図20において、電気信号評価部214fは、バンドパスフィルタ- a （以下、BPF- a と呼ぶ）255と、バンドパスフィルタ- $2a$ （以下、BPF- $2a$ と呼ぶ）257と、レベル検出部253-1～253-2と、レベル判定部254fとからなる。

BPF- a 255は、周波数 a の試験信号 a を通過させ

て、試験信号 a の帯域外周波数を除去する。そして、B P F - a 2 5 5 は、通過させた試験信号 a をレベル検出部 2 5 3 - 1 に出力する。レベル検出部 2 5 3 - 1 は、試験信号 a のレベルを検出し、レベル判定部 2 5 4 に出力する。

B P F - 2 a 2 5 7 は、高調波ひずみの周波数 2 a を通過させ、レベル検出部 2 5 3 - 2 に出力する。

レベル判定部 2 5 4 f は、レベル検出部 2 5 3 - 1 によって検出された試験信号 a のレベルに対して、レベル検出部 2 5 3 - 2 によって検出された高調波ひずみのレベルが一定レベル以上であるか否かを判断する。試験信号 a のレベルに対する高調波ひずみのレベルが一定レベル以上になった場合、レベル判定部 2 5 4 e は、無線信号の送信を停止するようパワー制御部 2 1 2 に指示する。

パワー制御部 2 1 2 d は、電気信号評価部 2 1 4 からの指示に応じて、無線信号の出力を停止させる。パワー制御部 2 1 2 d の具体的な動作は、図 1 5 に示すパワー制御部 2 1 2 と同様であるため、説明を省略する。

以上のように、本変形例によれば、中継装置は、制御装置から送信されてくる試験信号の高調波ひずみを評価し、試験信号のレベルに対する高調波ひずみのレベルが一定レベル以上となった場合、無線信号の送信を停止する。これにより、品質が劣化した無線信号を送信することを防止することができる。

以上、第 3 の実施形態および第 4 の実施形態において、中継装置が無線信号または光信号の品質を評価する場合について説明した。ここで、中継装置ではなく、制御装置が

これらの信号の品質を評価してもよい。以下、制御装置が無線信号または光信号の品質を評価する場合について説明する。

（第 5 の実施形態）

図 2 1 は、第 5 の実施形態に係る無線通信システムが備える制御装置 1 0 h の構成を示すブロック図である。図 2 1 において、制御装置 1 0 h は、送信信号処理部 1 0 1 と、光送信部 1 0 2 h と、光分配部 1 0 3 と、光受信部 1 0 4 - 1 ~ 1 0 4 - n と、受信信号処理部 1 0 5 と、品質評価部 2 9 0 h とを含む。なお、図 2 と同様の構成要素には、同一の符号を付し、説明を省略する。

光送信部 1 0 2 h は、外部ネットワークから送信されてくる信号を下り光信号に変換し、後述する光カプラ部 1 1 3 に出力する。

品質評価部 2 9 0 h は、光カプラ部 1 1 3 と、光パワー検出部 1 1 4 と、パワー制御部 1 1 5 とを有する。

光カプラ部 1 1 3 は、上り光信号を光分配部 1 0 3 に出力し、光伝送路 4 0 から反射される反射光を光パワー検出部 1 1 4 に出力する。

光パワー検出部 1 1 4 は、光カプラ部 1 1 3 から出力される反射光のパワーを検出し、反射光のパワーが所定値以上である場合、下り光信号の送出を停止するよう、パワー制御部 1 1 5 に指示する。

パワー制御部 1 1 5 は、光送信部 1 0 2 h を制御して、下り光信号の送出を停止する。具体的には、パワー制御部 2 1 2 は、光送信部 1 0 2 h の電源を O F F にするか、ま

たは、光送信部 102h における信号の経路のスイッチ（図示せず）を OFF にする。なお、光カプラ部 113、光パワー検出部 114、およびパワー制御部 115 は、それぞれ図 14 に示す光カプラ部 210、光パワー検出部 211、およびパワー制御部 212 と同様の機能を有するため、詳細な説明を省略する。

なお、本実施形態に係る中継装置は、図 14 に示す中継装置から品質評価部 290b を省略した構成となる。

以上のように、本実施形態によれば、光伝送路に異常が発生した場合に、制御装置からの光信号の送信を停止することができる。したがって、公的な条件を満たさない無線信号が中継装置から送信されることがない。また、制御装置において、反射光を検出するだけでよいため、システムの構成を簡易なものとすることができる。

次に、第 5 の実施形態の変形例について説明する。図 22 は、第 5 の実施形態の変形例に係る制御装置 10i の構成を示すブロック図である。

図 22 において、制御装置 10i は、送信信号処理部 101 と、光送信部 102 と、光分配部 103i と、光受信部 104-1 ～ 104-n と、受信信号処理部 105 と、品質評価部 290i とを含む。なお、図 2 と同様の構成要素には、同一の符号を付し、説明を省略する。

光分配部 103i は、n 個に分岐した下り光信号を、後述する可変光減衰器 121-1 ～ 121-n に出力する。

品質評価部 290i は、パワー制御部 115 と、受光パワー検出部 116-1 ～ 116-n と、可変光減衰器 12

1-1 ~ 1-2 1-n とを有する。

受光パワー検出部 116-1 ~ 116-n は、光受信部 104-1 ~ 104-n が受信した上り光信号のパワーを検出し、上り光信号のパワーが所定値以上であるか否かを判断する。受光パワー検出部 116-1 ~ 116-n は、上り光信号のパワーが所定値未満となった場合、下り光信号の送信を停止するよう、パワー制御部 115 に指示する。

可変光減衰器 121-1 ~ 121-n は、光分配部 103 i から出力される下り光信号のパワーを減衰させ、光伝送路 40-1 ~ 40-n に送出する。

パワー制御部 115 は、受光パワー検出部 116-1 ~ 116-n からの指示に応じて、下り光信号の送信を停止させる。具体的には、パワー制御部 115 は、可変光減衰器 121-1 ~ 121-n における下り光信号の減衰量を制御し、下り光信号の出力を停止させる。また、このとき、パワー制御部 115 は、異常が発生した光伝送路のみに対する下り信号の送信を停止する。例えば、受光パワー検出部 116-2 によって検出された上り光信号のパワーが所定値未満である場合、パワー制御部 115 は、可変光減衰器 121-2 を制御し、光伝送路 40-2 への下り光信号の送出を停止する。

なお、受光パワー検出部 116 およびパワー制御部 115 の機能は、それぞれ図 15 に示す受光パワー検出部 213、およびパワー制御部 212 の機能と同様であるため、詳細な説明を省略する。

以上のように、本変形例によれば、光伝送路に異常が発生した場合に、制御装置からの下り光信号の送信を停止することができる。したがって、公的な条件を満たさない無線信号が中継装置から送信されることがない。また、本変形例において、制御装置は、光伝送路を介して制御装置から送信されてくる光信号のレベルを検出する機能を有していればよく、スプリアス発射電力や帯域外輻射電力を測定するための複雑な検出回路を設ける必要がない。

(第6の実施形態)

図23は、本発明の第6の実施形態に係る制御装置10jの構成を示すブロック図である。

図23において、制御装置10jは、送信信号処理部101と、光送信部102と、光分配部103と、光受信部104-1～104-nと、受信信号処理部105jと、品質評価部290jとを含む。なお、図2と同様の構成要素には、同一の符号を付し、説明を省略する。

受信信号処理部105jは、光受信部104-1～104-nによって変換された上り電気信号を、後述する電気信号評価部117に出力する。

品質評価部290jは、パワー制御部115と、電気信号評価部117とを有する。

電気信号評価部117は、受信信号処理部105jから出力される電気信号の品質を評価し、電気信号の品質が低下した場合には、下り光信号の送信を停止する。ここで、電気信号評価部117は、図17に示す電気信号評価部214に相当するため、図17を援用し、詳細な説明を省略

する。

パワー制御部 115 は、図 16 に示すパワー制御部 212 に相当する。パワー制御部 115 は、電気信号評価部 117 からの指示に応じて、光送信部 102 からの下り光信号の出力を停止させる。

なお、本実施形態に係る中継装置は、図 14 に示す中継装置から品質評価部 290b を省略した構成となる。

以上のように、本実施形態において、制御装置は、中継装置から送信されてくる信号のレベルに対する不要輻射電力のレベルが一定以上であるか否かを判断する。例えば、光伝送路に異常が発生すると、上りの信号の品質が低下してしまう。この場合、下りの信号を中継装置に送信してしまうと、品質が劣化した無線信号を送信することになってしまう。制御装置は、上りの信号の品質が低下すると下り光信号の送信を停止する。したがって、公的な条件を満たさない無線信号が中継装置から送信されることがない。

次に、第 6 の実施形態の変形例について説明する。本変形例に係る無線通信システムにおいて、中継装置は、試験信号を重畳した上り電気信号を上り光信号に変換して制御装置に送信する。制御装置は、中継装置から受信した試験信号の品質を評価する。

図 24 は、本変形例に係る無線通信システムが備える中継装置 20f の構成を示すブロック図である。図 24 において、中継装置 20f は、光受信部 201f と、無線送信部 202 と、分離部 203 と、送受信アンテナ部 204 と、無線受信部 205 と、光送信部 206f と、試験信号送

信部 2 1 5 とを含む。

光受信部 2 0 1 f は、変換した下り電気信号を無線送信部 2 0 2 に出力する。

試験信号送信部 2 1 5 は、中継装置 2 0 f から送信する上り電気信号に重畳させるための試験信号を生成し、光送信部 2 0 6 f に出力する。試験信号送信部 2 1 5 は、発振器 S G - a と、発振器 S G - b とを有する。

発振器 S G - a は、試験信号 a を生成し、光送信部 2 0 6 f に出力する。試験信号 a の周波数を a とする。発振器 S G - b は、試験信号 b を生成し、光送信部 2 0 6 f に出力する。試験信号 b の周波数を b とする。なお、試験信号送信部 2 1 5 は、図 1 8 に示す試験信号送信部 1 1 2 に相当する。

光送信部 2 0 6 f は、無線受信部 2 0 5 から出力される上り電気信号に、試験信号送信部 2 1 5 から出力される試験信号 a , b を重畳させて上り光信号に変換する。

次に、中継装置 2 0 f から送信されてくる試験信号を評価する制御装置について説明する。本変形例に係る制御装置の構成は、図 2 3 に示す制御装置 1 0 j の構成と比較すると、電気信号評価部の構成以外は同様であるため、図 2 3 を援用し、その相違点についてのみ説明する。相互変調ひずみを評価する場合における電気信号評価部の構成は、図 1 9 に示す電気信号評価部 2 1 4 e の構成と同様であるため、図 1 9 を援用する。電気信号評価部は、受信信号処理部 1 0 5 j から出力される上り電気信号に重畳されている試験信号の品質を評価する。電気信号評価部は、試験信

号のレベルに対する相互変調ひずみのレベルが一定レベル以上となった場合、下り光信号の送信を停止させるよう、パワー制御部 115 に指示する。

以上のように、本変形例によれば、制御装置は、中継装置から送信されてくる試験信号の相互変調ひずみを評価し、試験信号のレベルに対する相互変調ひずみのレベルが一定レベル以上となった場合、下り光信号の送信を停止する。これにより、中継装置から品質が劣化した無線信号を送信することを防止することができる。

なお、本変形例において、制御装置は、相互変調ひずみを評価した。ここで、第 4 の実施形態の変形例と同様に、高調波ひずみを評価することとしてもよい。その場合の電気信号評価部の構成は、図 20 に示す電気信号評価部 214、f と同様であるため、図 20 を援用し、説明を省略する。

以上のように、本変形例において、制御装置は、中継装置から送信されてくる試験信号の相互変調ひずみまたは高調波ひずみを評価し、試験信号のレベルに対する相互変調ひずみまたは高調波ひずみのレベルが一定レベル以上となった場合、無線信号の送信を停止する。これにより、品質が劣化した無線信号を送信することを防止することができる。相互変調ひずみまたは高調波ひずみを測定するためには、例えば、予め設定した周波数だけを観測すればよい。ため、簡易な回路で実現できるというメリットがある。

以上、第 3 ～ 第 6 の実施形態においては、無線通信システムは、無線 LAN 信号を利用して通信する場合を想定し

て説明した。ここで、無線通信システムは、放送波の不感地対策用の再送信システムとして利用することもできる。ただし、放送波を用いて通信するシステムにおいて、一般的には、上り系の信号は不要であると考えられる。したがって、第5の実施形態および第6の実施形態において説明したように、上り系の信号の品質を評価するという手法はとれないが、その他の方法に関しては、第3～第6の実施形態に係る無線通信システムを利用することができる。

また、光伝送路同士、または光伝送路と装置とを接続する光コネクタとしては、斜め研磨コネクタが最も適している。コネクタが緩んだ状態になると、コネクタ端面において反射が発生するので、PCコネクタ等では、発光素子への光反射が発生したり、反射点が複数ある場合、多重反射が発生したりするため、信号品質が劣化してしまう。しかしながら、斜め研磨コネクタを採用することによって、コネクタが緩んだ状態でも発光素子への光反射や多重反射が発生せず、信号品質が劣化しないというメリットがある。

以上、説明したように、第3～第6の実施形態に係る無線通信システムは、同じエリアにおいて複数のチャンネルからなる無線信号で通信できるシステムであり、業務用ビル内ネットワーク、無線LANサービス等として有用である。また、第3～第6の実施形態に係る無線通信システムは、列車や航空機内ネットワーク等の用途や放送波の不感地対策用再送信システムにも応用できる。

以上のように、第1～第2の実施形態においては、無線通信端末に送信すべき無線信号の信号レベルを、所定のダ

イナミックレンジの範囲内に収める無線通信システムについて説明した。しかし、第 1 ～ 第 2 の実施形態に係る無線通信システムにおいて、1 つの中継装置がカバーするエリアが狭められるため、より広い通信範囲をカバーするためには、複数の中継装置を備える必要がある。

しかしながら、各中継装置と制御装置とを接続する光伝送路の長さは、複数存在する中継装置ごとに異なるため、1 台の無線通信端末が送信した無線信号が、複数の中継装置によって受信された場合、異なる伝送路を経由した信号が制御装置 31 に到達するまでの遅延時間差が生じる。これにより、信号が互いに干渉し合い（マルチパス干渉）、通信品質が劣化してしまうという問題がある。

以下、異なる無線伝送路および光伝送路を伝送する信号の遅延時間差を所定の時間内に収める方法について説明する。

（第 7 の実施形態）

図 25 は、本発明の第 7 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図である。図 25 において、無線通信システムは、制御装置 10 と、中継装置 20-1, 20-2 と、無線通信端末 30 とを備える。

無線通信端末 30 と中継装置 20-1, 20-2 とは、互いに無線で接続される。中継装置 20-1 と制御装置 10 とは、光伝送路 40-1 を介して接続され、中継装置 20-2 と制御装置 10 とは、光伝送路 40-2 を介して接続される。図 25 において、無線通信区間に存在する無線通信端末は 1 台であるが、無線通信区間に存在する無線通

信端末は２台以上であってもよい。

本実施形態に係る制御装置１０は、第１の実施形態または第２の実施形態に係る制御装置と同様の構成を有しているため、図２５には、制御装置１０の基本的な構成のみを図示する。

図２５に示す制御装置１０において、制御装置１０は、信号処理部１６１と、電気光変換部（Ｅ／Ｏ）１６２と、光電気変換部（Ｏ／Ｅ）１６３と、光分岐結合部１６４とを含む。

信号処理部１６１は、例えば図９に示す送信信号処理部１０１および受信信号処理部１０５に相当する。また、電気光変換部１６２は、図９に示す光送信部１０２に相当し、光電気変換部（Ｏ／Ｅ）１６３は、図９に示す光受信部１０５に相当する。また、光分岐結合部１６４は、図９に示す光分配部１０３および光合波部１０８に相当する。

光分岐結合部１６４は、制御装置１０の電気光変換部１６３から出力される下り光信号を分岐し、光伝送路４０－１，４０－２に送出する。また、光分岐結合部１６４は、光伝送路４０－１，４０－２を介して中継装置２０－１，２０－２から送信されてくる上り光信号を制御装置１０の光電気変換部１６３に出力する。

中継装置２０－１は、伝送路４０－１を介して伝送されてくる光信号を受信すると、受信した光信号を電気信号に変換し、無線信号として送受信アンテナ部２７５－１から送信する。

また、本実施形態に係る中継装置２０－１は、第１の実施

形態または第 2 の実施形態に係る制御装置と基本的には同様の構成を有するが、レベル調整部 273, 274 をさらに含む点で相違する。中継装置 20-1 において、レベル調整部 273, 274 以外の構成は、第 1 の実施形態および第 2 の実施形態と同様であるため、図 25 には、中継装置 20-1 の基本的な構成のみを図示する。

図 25 に示す中継装置 20-1 において、中継装置 20-1 は、光電気変換部 271 と、電気光変換部 272 と、レベル調整部 273, 274 と、送受信アンテナ部 275-1 を含む。

光電気変換部 271 は、図 3 に示す光受信部 201 に相当し、光伝送路 40-1 から送出される下り光信号を電気信号に変換してレベル調整部 273 に出力する。

レベル調整部 273 は、例えば、利得可変増幅器や、可変減衰器であって、光電気変換部 271 によって変換された下り電気信号のレベルを調整する。レベル調整部 273 によってレベルが調整された下り電気信号は、図示しない無線送信部や分離部を経由し、無線信号として送受信アンテナ部 275-1 から送信される。

レベル調整部 274 もまた、レベル調整部 273 と同様の機能を有し、送受信アンテナによって受信された電気信号のレベルを調整し、電気光変換部 272 に出力する。

電気光変換部 272 は、図 3 に示す光送信部 206 に相当し、送受信アンテナ部 275-1 によって受信された無線信号を上り光信号に変換し、光伝送路 40-1 に送出する。以上、中継装置 20-1 について説明したが、中継装

置 20-2 も、中継装置 20-1 と同様の構成を有する。

また、制御装置 10 は、光伝送路 40-1 を介して伝送されてくる光信号を受信すると、当該光信号を外部ネットワークに接続するための信号形態に復調し、イーサネット（登録商標）ケーブル 60 を介して外部のネットワークに送信する。

ここで、送受信アンテナ部は、送受信アンテナ部の無線通信範囲の一部が、隣接する送受信アンテナ部の無線通信範囲の一部と重複するように設置されている。したがって、各送受信アンテナ部の無線通信範囲には、隣接する送受信アンテナ部の無線通信範囲が重複する区域が存在する。

図 25 に示すように、無線通信端末 30 が、無線通信範囲 276-1 および 276-2 が重複する区域に位置する場合、無線通信端末 30 は、光分岐結合部 164 によって分岐された信号を、中継装置 20-1 および 20-2 の両方を介して受信することとなる。

制御装置 10 から送信された信号が、中継装置 20-1 を経由し、無線通信端末 30 1 に到達するまでにかかる送所要時間は、光信号が光ファイバ 40 a を伝搬する伝搬時間 $T(L_{oa})$ と、無線信号が無線通信範囲 256 a を伝搬する伝搬時間 $T(L_{wa})$ との和である。また、制御装置 10 から送信された信号が、中継装置 20-2 を経由し、無線通信端末 30 に到達するまでにかかる送所要時間は、光信号が光ファイバ 40 b を伝搬する伝搬時間 $T(L_{ob})$ と、無線信号が無線通信範囲 276-2 を伝搬する伝搬時間 $T(L_{wb})$ との和である。

ここで、IEEE 802.11a や IEEE 802.11g といった規格において、OFDM 変調方式を利用する無線 LAN システムは、一般的に、信号の遅延時間差を 250 ns 程度許容することができる。無線伝送路および光伝送路における信号の遅延時間差に余裕を持たせるために、当該遅延時間差を 200 ns に設定する場合について考えると、例えば、当該システムにおいて、無線伝送路における無線信号の遅延時間差を 100 ns に低減することによって、光伝送路における許容遅延時間差を 100 ns まで許容することができる。100 ns の遅延時間差は、光路長差に換算すると約 20 m である。したがって、光路長差が 20 m を超える場合、無線伝送路における信号の遅延時間差を縮小することによって、マルチパス干渉の影響を軽減することができる。

したがって、複数の受信アンテナ部から送信される無線信号が 1 台の無線通信端末に到達するまでの遅延時間差を解消するためには、伝搬時間 $T(Loa)$ および伝搬時間 $T(Lwa)$ の和と、伝搬時間 $T(Lob)$ および伝搬時間 $T(Lwb)$ の和とが所定時間内に収まるような位置に無線通信範囲 276-1, 276-2 を形成すればよいことが分かる。

中継装置 20-1 において、レベル調整部 273 は、送受信アンテナ部 275-1 から送信される無線信号のレベルを調整することによって、利得を制御する。これにより、無線通信範囲 276-1 を形成する。中継装置 20-2 においても同様に、中継装置 20-2 に設けられたレベル

調整部 273 が送信する無線信号のレベルを調整することによって、無線通信範囲 276-2 が形成される。

例えば、光伝送路中を伝搬する光信号の伝搬速度が、空气中を伝搬する無線信号の伝搬速度の 1.5 倍である場合、

$$Lwa - Lwb = 1.5 \times (Lob - Loa) \dots (2)$$

という関係式を満たすように、各受信アンテナ部の指向性を調整し、受信範囲 276-1, 276-2 を形成する。具体的には、各受信アンテナ部の傾斜角度を変更したり、各受信アンテナ部が有する指向性の広がり角度を変更したりすることによって、指向性を調整する。

例えば、光路差 ($Lob - Loa$) が 30 m である場合、式 (2) より、 $Lwa - Lwb = 45$ が求められる。したがって、この場合には、無線通信範囲 276-1 の半径を 100 m、無線通信範囲 276-2 の半径を 55 m などとすればよい。

なお、ここでは、下り系の信号について説明したが、上り系の信号についても同様に、レベル調整部 274 が電気光変換部 272 に入力される無線信号のレベルを調整すればよい。

以上のように、本実施形態によれば、複数の中継装置を設けることによって、無線通信区間を拡大することができる。また、利得を調整することによって、無線通信端末が、複数の送受信アンテナ部から送信される無線信号を受信した場合においても、無線伝送路および光伝送路における

各無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めることができる。これにより、マルチパス干渉による信号の劣化を防止することができる。

なお、上記実施形態では、下り系の信号について説明したが、上り系の信号についても同様に、利得を調整することによって、信号の遅延時間差を所定時間相に収めることができる。これにより、無線信号が複数の送受信アンテナ部によって受信された場合においても、無線伝送路および光伝送路における各無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めることができる。

（第 8 の実施形態）

以下、本発明の第 8 の実施形態について説明する。第 7 の実施形態に係る無線通信システムが備える中継装置は 2 つであったのに対し、本実施形態に係る無線通信システムは、3 つ以上の中継装置を備える点で相違する。

図 26 は、本実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図である。図 26 に示す無線通信システムは、図 25 に示す第 7 の実施形態に係る無線通信システムと比較すると、中継装置 20-3 および 20-4 をさらに備える点で相違する。

中継装置 20-3 と制御装置 10 とは、光伝送路 40-3 を介して接続され、中継装置 20-4 と制御装置 10 とは、光伝送路 40-4 を介して接続される。

中継装置 20-1, 20-2 は、中継装置 20-3, 20-4 が無線通信端末との間で送受信する無線信号の周波数とは、異なる周波数を利用して無線通信端末と通信する

。

制御装置 10 は、異なる 2 つの周波数を送信するための構成要素を二組合む。具体的には、制御装置 10 は、信号処理部 161a、161b と、電気光変換部 162a、162b と、光電気変換部 163a、163b と、光分岐結合部 164a、164b とを含む。なお、図 26 に示す制御装置 10 は、図 25 に示す制御装置 10 と同様に、基本的な構成のみが図示されている。

信号処理部 161a は、イーサネット（登録商標）ケーブル 60-1 を介して外部ネットワークから送信されてきた信号を変調し、下り電気信号とする。下り電気信号は、電気光変換部 162a によって下り光信号に変換され、光分岐結合部 164a に出力される。光分岐結合部 164a は、下り光信号を分岐し、光伝送路 40-3、40-4 に送出する。

また、信号処理部 161b は、イーサネット（登録商標）ケーブル 60-2 を介して外部ネットワークから送信されてきた信号を変調し、下り電気信号とする。下り電気信号は、電気光変換部 162b によって下り光信号に変換され、光分岐結合部 164b に出力される。光分岐結合部 164b は、下り光信号を分岐し、光伝送路 40-1、40-2 に送出する。

光伝送路 40-3、40-4 を介して中継装置 20-3、20-4 から送信されてくる上り光信号は、光分岐結合部 164a によって結合され、制御装置の光電気変換部 163a に入力される。また、光伝送路 40-1、40-2

を介して中継装置 20-1, 20-2 から送信されてくる上り光信号は、光分岐結合部 164b によって結合され、制御装置の電気光変換部 163b に入力される。

中継装置 20-3, 20-4 の構成は、図 2.5 に示す中継装置 20-1, 20-2 と同様であるため、説明を省略する。

中継装置 20-1, 20-2 において、それぞれのレベル調整部 273 は、互いに無線信号の送信レベルを調整し、無線通信範囲 276-1 および 276-2 を形成している。この 2 つの中継装置 20-1, 20-2 には、制御装置 10 内の電気光変換部 162b から出力され、光分岐結合部 164b によって分岐された光信号が伝送される。中継装置 20-1, 20-2 からは、同一周波数で変調された無線信号が送信される。

中継装置 20-3 において、送受信アンテナ部 275-3 が形成する無線通信範囲 276-3 は、中継装置 20-2 の送受信アンテナ部 275-2 が形成する無線通信範囲 276-2 の一部と重複する。また、中継装置 20-3 の送受信アンテナ部 275-3 が形成する無線通信範囲 276-3 は、中継装置 20-4 の送受信アンテナ部 275-4 が形成する無線通信範囲 276-4 の一部と重複する。

電気光変換部 162a と、電気光変換部 162b とは、異なる周波数で変換された電気信号を光信号に変換して出力する。これにより、中継装置 20-2 と、中継装置 20-3 とは、それぞれ異なる周波数で変換された無線信号を無線通信端末に送信することとなる。したがって、中継装

置 2 0 - 2 が形成した無線通信範囲 2 7 6 - 2 と、中継装置 2 0 - 3 が形成する無線通信範囲 2 7 6 - 3 とが重畳する区域に無線通信端末が存在する場合においても、通信に用いる無線信号の周波数が異なるため、マルチパス干渉が生じない。

第 7 の実施形態で説明したように、中継装置 2 0 - 1 および中継装置 2 0 - 2 において、各レベル調整部 2 7 3 は、互いの無線通信区間が重畳する区域に送信する無線信号の遅延時間が所定時間内に収まるように、利得を調整する。また、同様に、中継装置 2 0 - 3 および中継装置 2 0 - 4 において、各レベル調整部 2 7 3 は、互いの無線通信区間が重畳する区域に送信する無線信号の遅延時間が所定時間内に収まるように、利得を調整する。ここで、中継装置 2 0 - 2 と中継装置 2 0 - 3 とは、異なる周波数を利用して通信するため、中継装置 2 0 - 2 と中継装置 2 0 - 3 との間で、信号の遅延時間を調整する必要はない。

なお、無線変調信号としては、周波数多重や、符号分割多重方式などを用いることができる。例えば、周波数多重方式の場合、中継装置 2 0 - 1 , 2 0 - 2 の組と、中継装置 2 0 - 3 , 2 0 - 4 の組とが、異なる周波数で変調された無線信号を用いて通信することとすればよい。

以上のように、本実施形態によれば、無線通信システムに、最大 4 つの中継装置を設置することができる。信号の遅延時間差が調整された 2 つの中継装置を一組とすると、2 つの組は、それぞれ異なる周波数を利用して通信する。これにより、利得を調整することによって、無線通信端末

が、複数の送受信アンテナ部から送信される無線信号を受信した場合においても、無線伝送路および光伝送路における各無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めることができる。また、マルチパス干渉による信号の劣化を防止することができる。

なお、上記実施形態では、下り系の信号について説明したが、上り系の信号についても同様に、利得を調整することによって、信号の遅延時間差を所定時間相に収めることができる。これにより、無線信号が複数の送受信アンテナ部によって受信された場合においても、無線伝送路および光伝送路における各無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めることができる。

また、本実施形態を応用することによって、中継装置を5つ以上設置することもできる。

図27は、中継装置を5つ以上設ける場合における無線通信システムの構成を示す図である。図26に示す無線通信システムにおいて、光分岐結合部164bから分岐する光伝送路は、光伝送路40-1, 40-2の2本であった。これに対し、図27に無線通信システムにおいては、光分岐結合部164bからさらに光伝送路を分岐する。光分岐結合部164bから分岐された光伝送路には、光分岐結合部164cが接続される。光分岐結合部164cは、光分岐結合部164bによって分岐された光伝送路を、光伝送路40-5および光伝送路40-6を分岐する。光分岐結合部164cによって分岐された光伝送路40-5には中継装置20-5が接続され、光伝送路40-6には中継

装置 20-6 が接続される。

中継装置 20-5 において、送受信アンテナ部 275-5 が形成する無線通信範囲 276-5 は、中継装置 20-4 の送受信アンテナ部 275-4 が形成する無線通信範囲 276-4 の一部と重複する。また、中継装置 20-5 の送受信アンテナ部 275-5 が形成する無線通信範囲 276-5 は、中継装置 20-6 の送受信アンテナ部 275-6 が形成する無線通信範囲 276-6 の一部と重複する。

同一無線変調信号を送出する中継装置 20-5 および中継装置 20-6 を接続する場合も、中継装置 20-5 と中継装置 20-6 との間で、互いに送信する無線信号のレベルを調整する。好ましくは、任意の位置にある無線通信端末において、中継装置 20-1 もしくは 201-2 からの受信信号レベルと、中継装置 201-5 もしくは 201-6 からの受信信号レベル差が所定値以上となるようにするとよい。

例えば、IEEE 802.11a や IEEE 802.11g などの OFDM 変調を用いた無線 LAN 信号を送信する場合、信号レベル差が 20 dB 以上あれば、マルチパスによる遅延時間差が 5 μ sec 以上生じても伝送レートの劣化は起こらない。これにより、簡易な装置構成でマルチパス干渉を防ぎながら、複数台の中継装置を設け、無線通信範囲を拡大することができる。

なお、図 26 および図 27 に示す無線通信システムにおいて、所望の中継装置から所望の無線変調信号を送信するために、異なる光伝送路 40-1 ~ 40-6 を用いている

が、無線変調信号毎に異なる波長を用いて1つの光伝送路に多重する波長多重方式を用いて通信することとしてもよい。また、無線変調方式に周波数多重方式を用いる場合、各中継装置に所望の周波数帯だけを通過させるバンドパスフィルタを設けることとしてもよい。

(第9の実施形態)

以下、本発明の第9の実施形態について説明する。第9の実施形態に係る無線通信システムは、第8の実施形態と同様に、3つ以上の中継装置を備えるが、無線通信システムが備える中継装置が全て同一の周波数を利用して通信する点において、第8の実施形態と相違する。

図28は、本実施形態における無線通信システムの構成を示す図である。図28において、中継装置20-1, 20-2が有する送受信アンテナ部277-1, 277-2は、斜め方向に向かう指向性を有する指向性アンテナからなる。それ以外の構成要素は、図25と同様であるため、図25と同様の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

光伝送路40-2が光伝送路40-1よりも光路が長い場合、中継装置20-1の送受信アンテナ277-1は、より光路が長い光伝送路40-2に接続された中継装置20-2に向かう指向性を有する。また、図示はしていないが、さらに複数の中継装置を接続する場合にも同様に、それぞれの中継装置の送受信アンテナ部は、より遠方に位置する中継装置が存在する方向に指向性を有する。

その際、制御装置10から光分配された信号が中継装置

20-1 および 20-2 を介して、同じ受信レベルとして無線通信端末 301 に到達するまでのそれぞれの所要時間である $T(Loa)$ と $T(Lwa)$ の和、 $T(Lob)$ と $T(Lwb)$ の和が一致するように、各指向性アンテナ 275-1、および 275-2 を調整する。すなわち、前述の式(1)の関係を満たすように、各送受信アンテナ 277 の指向性を調整する。ここで、各送受信アンテナ部 277 の指向性は、設置角度を変更したり、アンテナの広がり角度を変更したりすることによって調整することができる。

また、例えば、ファイバ長差が 30 m の場合、上記の式(2)より、 $Lwa - Lwb = 45$ (m) と求められる。ここで、一般的な家屋に中継装置を設置する場合、天井の高さは約 2 m である。したがって、 $Lwb = 0$ (m) であると近似すると、 $Lwa = 45$ (m) となる。天井高さをゼロとみなした場合、 Lwa の長さは無線通信範囲の最大長さに等しいと考えられるため、無線通信範囲 278-1、278-2 の最大長さを 45 m とすればよい。

以上のように、本実施形態によれば、無線伝送路および光伝送路における各無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めることができる。これにより、マルチパス干渉による信号の劣化を防止することができる。

なお、本実施形態において、アンテナの指向性は、アンテナの設置角度や広がり角度を変更することによって調整される。このとき、レベル調整部による利得の調整が不要である場合には、中継装置は、レベル調整部を設けていな

くともよい。また、アンテナの設置角度や広がり角度は変更せず、レベル調整部による利得の調整だけで送受信アンテナ部の利得を制御することとしてもよい。

(第10の実施形態)

図29は、本発明の第10の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図である。図29において、図25と同じ構成要素については、説明を省略し、図も簡略化する。

図29において、各中継装置20-1～20-3は、それぞれ光分岐結合部164a、164bによって分配された光伝送路40-1～40-3に接続されている。図29に示すように、光分岐結合部164a、164bは、1本の伝送路を2分配する。光伝送路の一端には光分岐結合部が接続され、他端には、別の光分岐結合部、または中継装置が接続されるように構成される。これにより、制御装置10と各中継装置とを、芯数が少ない光ファイバを介して接続することができる。またこのとき、制御装置10から各中継装置までの光伝送路長差を一定長以下にするか、または、光伝送路と無線伝送路によって生じる総信号遅延時間の差を、無線通信システムにおいて許容されている遅延時間以下とする。

制御装置10と各中継装置20とを接続する光伝送路長差を、一定長以下にする方法としては、例えば、各中継装置20の内部または外部に、光伝送路を伝送する光信号に所定の遅延時間を付加する予長処理部を備えることが考えられる。例えば、制御装置10と中継装置20-1との間

で送受信される光信号に所定の遅延時間を与える場合、信号に与えるべき遅延時間に相当する長さの光伝送路を、最も光伝送路長が短い光伝送路 40-1 に予長として追加してもよい。好ましくは、予長処理部は、中継装置 20 の内部に設けるとよい。

また、制御装置 10 と各中継装置 20 とを接続する光路長差が一定長以下となるように、各光伝送路に、疑似光遅延線路（例えば、グレーディング）等を設けてもよい。

さらに、光伝送路および無線伝送路において生じる総信号遅延時間を予め、送信する無線通信システムの通信が可能となる最大遅延時間に統一することとしてもよい。例えば、IEEE 802.11a の無線 LAN 信号は、一般的に 5 ～ 6 百 m 程度の通信範囲を許容するシステムとなっているため、例えば、光ファイバ長を 2 ～ 3 百 m、無線通信範囲を半径 100 m 程度とすることができる。これにより、中継装置を増設する際にも光ファイバ長や中継装置の設定を変更することなく、光伝送路および無線伝送路において生じる総信号遅延時間差を、所定時間以内とすることができる。

以上のように、本実施形態によれば、無線伝送路および光伝送路における各無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めることができる。これにより、マルチパス干渉による信号の劣化を防止することができる。また、予長処理部や疑似光遅延線路を設けることとすれば、利得を調整することなく、信号の遅延時間差を所定時間内に収めることができる。その場合、各中継装置に、レベル調整部を設けな

くてもよい。

なお、本実施形態において、無線通信システムが備える中継装置は3台であったが、無線通信システムは、4台以上の中継装置を備えていてもかまわない。

（第11の実施形態）

以下、本発明の第11の実施形態に係る無線通信システムについて説明する。第10の実施形態に係る無線通信システムにおいて、中継装置がバス型に接続されていたのに対して、本実施形態に係る無線通信システムは、中継装置がスター型に接続されている点で相違する。

図30は、本発明の第11の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図である。図30において、図25と同様の構成要素には同一の符号を付して説明を省略し、図も簡略化する。

図30において、光分岐結合部（図示せず）は、制御装置10の内部に設けられている。なお、光分岐結合部は、光伝送路中に配置されていてもよい。光分岐結合部は、1つの光路を複数の光伝送路40-1～40-3に分岐する。各中継装置20-1～20-3は、それぞれ光伝送路40-1～40-3に接続されている。

なお、光信号の分配数は、所望の分配数、もしくは、それ以上の分配数にして、空きポートは終端しておくことが望ましい。これにより、中継装置を増設する際にも、光分配器の空きポートに新たに光ファイバを接続することが容易である。また、すでに設置されている中継装置にも、新たな中継装置の増設による受光パワーの変動がない。した

がって、中継装置内の増幅器の利得を、予め最適点に設定することができる。

また、このとき、第 9 の実施形態と同様に、制御装置 10 から各中継装置 20 までの光伝送路長を一定長以下とするか、または、光伝送路および無線伝送路において生じる総信号遅延時間の差を、無線通信システムが許容する遅延時間以下とすることが望ましい。さらに、光伝送路と無線伝送路によって生じる総信号遅延時間を予め、送信する無線通信システムの通信が可能となる最大遅延時間に統一することとしてもよい。

以上のように、本実施形態によれば、無線伝送路および光伝送路における各無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めることができる。これにより、マルチパス干渉による信号の劣化を防止することができる。また、予長処理部や疑似光遅延線路を設けることとすれば、利得を調整することなく、信号の遅延時間差を所定時間内に収めることができる。その場合、各中継装置に、レベル調整部を設けなくてもよい。

なお、本実施形態において、無線通信システムが備える中継装置は 3 台であったが、無線通信システムは、4 台以上の中継装置を備えていてもかまわない。

(第 12 の実施形態)

図 31 は、本発明の第 12 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図である。図 31 において、図 26 と同じ構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

制御装置 10 において、電気光変換部 162a から出力

される下り光信号は、光伝送路 40-2 を介して中継装置 20-2 に送信される。また、電気光変換部 162b から出力される下り光信号は、光伝送路 40-1 を介して中継装置 20-1 に送信される。

中継装置 20-1 の受信アンテナ 275-1 が形成する無線通信範囲 275-1 は、中継装置 20-2 の受信アンテナ 275-2 が形成する無線通信範囲 275-2 の一部と重複する。

ここで、信号処理部 161a から電気光変換部 162a に出力される変調信号と、信号処理部 161b から電気光変換部 162b に出力される変調信号とは、周波数が異なる。

なお、信号の変調方式としては、周波数多重や符号分割多重方式などを使用することができる。例えば、周波数多重方式を用いる場合、中継装置 20-1 と中継装置 20-2 とは、異なる周波数で変調された無線信号を用いて通信すればよい。

これにより図 31 に示すように、中継装置 20-1, 20-2 からは異なる無線変調信号が送信されるため、マルチパスによる干渉が発生しない。

以上のように、本実施形態によれば、隣接する中継装置同士は、異なる周波数を用いて通信するため、マルチパスによる干渉が発生しない。したがって、マルチパス干渉による信号の劣化を防止することができる。

また、本実施形態において、無線通信システムが備える中継装置は 2 台であったが、無線通信システムは、3 台以

上の中継装置を備えていてもよい。

図 3 2 は、4 台の中継装置を備える無線通信システムの構成を示す図である。図 3 2 に示す無線通信システムは、図 2 6 に示す第 8 の実施形態に係る無線通信システムと比較すると、各中継装置が設置される位置が相違する。その他の構成要素は図 2 6 と同様であるため、図 2 6 と同様の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

図 3 2 において、光分岐結合部 1 6 4 a は、制御装置 1 0 の電気光変換部 1 6 2 a から出力される光信号を光伝送路 4 0 - 2 , 4 0 - 4 に分岐する。また、光分岐結合部 1 6 4 b は、制御装置 1 0 の電気光変換部 1 6 2 b から出力される光信号を光伝送路 4 0 - 1 , 4 0 - 3 に分岐する。

ここで、中継装置 2 0 - 1 ~ 2 0 - 4 は、隣接する中継装置とは異なる周波数の無線信号を利用して通信する。例えば、中継装置 2 0 - 2 の送受信アンテナ部 2 7 5 - 2 が形成する無線通信範囲 2 7 6 - 2 は、中継装置 2 0 - 1 の送受信アンテナ部 2 7 5 - 1 が形成する無線通信範囲 2 7 6 - 1 、および中継装置 2 0 - 3 の送受信アンテナ部 2 7 5 - 3 が形成する無線通信端末 2 7 6 - 3 の無線通信範囲 2 7 6 - 3 の一部と重複する。中継装置 2 0 - 1 , 2 0 - 3 は互いに同じ周波数の無線信号を用いて通信するが、中継装置 2 0 - 2 は、中継装置 2 0 - 1 , 2 0 - 3 とは異なる周波数の無線信号を用いて通信する。したがって、中継装置 2 0 - 1 ~ 2 0 - 3 において、同一の周波数を用いて通信する中継装置の通信範囲は重複しないため、マルチパス干渉が発生しない。

また、中継装置 40-4 もまた、無線通信範囲が重複する中継装置 20-3 とは異なる周波数の無線信号を用いて通信するため、中継装置 20-3 および中継装置 20-4 の間においても、マルチパス干渉が発生しない。

このように、隣接する中継装置同士が異なる周波数の無線信号を利用して通信するように、中継装置を配置することによって、マルチパス干渉の発生を防止することができる。

なお、図 31 および図 32 では、所望の中継装置から所望の無線変調信号を送信するために、異なる光伝送路 40-1 ~ 40-4 を用いているが、変調信号毎に異なる波長を用いて 1 つの光伝送路に多重する波長多重方式を使用してもよい。また、無線変調方式に周波数多重方式を用いる場合は、各中継装置に所望の周波数帯だけを通過させるバンドパスフィルタを用いてもよい。

以上、第 1 ~ 第 12 の実施形態では、従来の無線通信システムにおける第 1 ~ 第 3 の要求を満たすことができる無線通信システムについて説明した。第 1 の要求は、中継装置が受信する無線信号のレベルを所定のダイナミックレンジの範囲に収めることであり、第 2 の要求は、無線信号における漏洩比を一定レベル以下に収めることである。第 3 の要求は、中継装置が受信する無線信号の D/U 比を一定レベル以上に保つことである。上記の実施形態では、中継装置の通信可能エリアを狭めることによって、無線通信端末が送信する無線信号のレベルを所定の範囲に収めていた。ここで、中継装置は、受信する無線信号のレベルが電気

光変換器が許容する範囲に収まるように、大きすぎるレベルの無線信号を受信しないようにしてもよい。以下、電気光変換器が許容することができるレベルの無線信号のみを中継装置が受信することによって、第１の要求を満たし、無線信号を高品質に光伝送することができる無線通信システムについて説明する。

（第１３の実施形態）

図３３は、本発明の第１３の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図である。図３３において、無線通信システムは、制御局３１と、中継装置３２と、無線通信端末３３ａ，３３ｂとを備える。制御局３１は、光電気変換部３１１と、信号処理部３１２とを含む。中継装置３２は、受信アンテナ部３２２と、電気光変換部３２１とを含む。なお、無線通信端末３３ａおよび３３ｂを特に区別する必要がない場合には、無線通信端末３３と総称する。

無線通信端末３３ａ，３３ｂと中継装置３２とは、互いに無線で接続される。中継装置３２と制御局３１とは、互いに光ファイバ３６を介して接続される。制御局３１と外部のネットワーク（図示せず）とは、イーサネット（登録商標）ケーブル３５を介して接続されている。

なお、図３３では、上り伝送系のみを示し、下り伝送系を省略している。また、外部ネットワークと制御局３１とは、イーサネット（登録商標）ケーブル以外の伝送路を介して接続されていてもよく、例えば、電話線、同軸ケーブル、または光ファイバを介して接続されていてもよい。また、図３３において、無線通信区間に存在する無線通信端

末は２台であるが、無線通信区間に存在する無線通信端末は１台であってもよく、また、３台以上であってもよい。以下、上り信号が伝送される場合における、無線通信システムの動作について説明する。

無線通信端末３３ａおよび３３ｂは、中継装置３２に無線信号を送信する。中継装置３２は、建築物の天井３４に設置されており、受信アンテナ部３２２は、無線通信端末３３ａ、３３ｂから送信されてくる無線信号を受信する。電気光変換部３２１は、受信アンテナ部３２２が受信した電気信号を光信号に変換する光送信部である。電気光変換部３２１によって変換された光信号は、光ファイバ３６を伝送し、制御局３１の光電気変換部３１１に入力される。

制御局３１において、光電気変換部３１１は、入力された光信号を電気信号に変換する。信号処理部３１２は、電気信号を、外部ネットワークに送信するための信号形態に復調する。復調された信号は、イーサネット（登録商標）ケーブル３５を介して外部に伝送される。

図３４は、図３３に示す受信アンテナ部３２２の構成およびその受信範囲３７を模式的に示す図である。図３４に示すように、受信アンテナ部３２２は、指向性アンテナ３２３と、電波吸収体３２４とを有する。指向性アンテナ３２２は、例えば、平面アンテナである。受信アンテナ部３２２において、指向性アンテナ３２３の直下には、電波吸収体３２４が設置されている。電波吸収体３２４は、指向性アンテナ３２３から一定の距離を離して設置される。電波吸収体３２４は、例えば、ゴムまたはフェライトの焼結

体であって、所定の周波数の電波を吸収する。なお、受信アンテナ部が有するアンテナは、無指向性アンテナであってもよい。

このように、指向性アンテナ 3 2 3 の直下に電波吸収体 3 2 4 を設けることにより、受信アンテナ部 3 2 2 は、受信アンテナ部 3 2 2 の直下およびその近傍の方向に対する受信感度が減衰される。したがって、アンテナ部 3 2 2 の直下近傍に位置する無線通信端末 3 3 a が送信する無線信号は、電波吸収体 3 2 4 に吸収されることによって、減衰して指向性アンテナ 3 2 3 に到達する。

一方、受信アンテナ部 3 2 2 の遠方に位置する無線通信端末（ここでは、無線通信端末 3 3 b）は、電波吸収体 3 2 4 に吸収されることなく指向性アンテナ 3 2 3 に到達する。また、中継装置が受信する無線信号の信号レベルは、中継装置 3 2 と、無線通信端末 3 3 a, 3 3 b との間の距離に依存する。したがって、遠方にある無線通信端末から送信された無線信号は、無線通信区間を伝搬するにつれ、ある程度減衰するものの、受信アンテナ部 3 2 2 は、当該無線信号を高利得で受信することができる。

このように、指向性アンテナの直下に電波吸収体を設置することによって、受信アンテナ部 3 2 2 の直下近傍に位置する無線通信端末は、受信アンテナ部 3 2 2 の受信範囲 3 7 から除外される。受信アンテナ部 3 2 2 は、受信範囲 3 7 内から送信される無線信号を高利得で受信し、受信範囲外 3 7 外から送信される無線信号を低利得で受信する。

なお、電波吸収体 3 2 4 の面積や厚み、設置位置を変更

することによって、電波の減衰量を調整することができる。これにより、電気光変換部 3 2 1 が許容するダイナミックレンジに応じて、鉛直方向から送信されてくる信号に対する受信アンテナ部 3 2 2 の受信利得を調整することができる。

図 3 5 は、中継装置 3 2 における無線信号の受信強度と、中継装置 3 2 および無線通信端末 3 3 の間の距離との関係を示すグラフである。図 3 5 において、縦軸は、中継装置 3 2 が受信する無線信号の受信強度を示す。横軸は、中継装置 3 2 および無線通信端末 3 3 の間の距離を示す。点線は、受信アンテナ部が従来の受信アンテナ部である場合、つまり、受信アンテナ部 3 2 2 が無指向アンテナのみを有する場合における、受信強度の変化を示す。実線は、本発明に係る受信アンテナ部 3 2 2 における、受信強度の変化を示す。

図 3 5 に示すように、従来の無指向性アンテナ部が、近距離から送信される無線信号を受信する場合、無線信号の受信強度が大きいため、電気光変換部 3 2 1 が許容するダイナミックレンジの上限を超えてしまう。このような信号レベルの大きい無線信号を光信号に変換すると、光信号に歪みが発生するため、信号を高品質に光伝送することができない。

一方、本発明に係るアンテナ部 3 2 2 は、鉛直方向から送信されてくる無線信号の受信利得が制限されている。よって、鉛直方向、すなわち近距離から送信される無線信号は、低利得で受信されるため、当該無線信号を電気光変換

部 3 2 1 が許容するダイナミックレンジの範囲内に収めることができる。

このように、受信アンテナ部 3 2 2 は、近傍に位置する無線通信端末から送信される、信号レベルが大きい無線信号を低利得で受信し、遠方に位置する無線通信端末から送信される、信号レベルが小さい無線信号を高利得で受信する。したがって、電気光変換部 3 2 1 に入力される無線信号の信号レベル差を縮小することができる。これにより、無線通信端末および中継装置間の距離に関わらず、広範囲に存在する無線通信端末からの送信信号を、電気光変換部 3 2 1 の許容ダイナミックレンジの範囲内で受信することができる。よって、信号を高品質に光伝送することができる。また、電気光変換部 3 2 1 に入力される無線信号の信号レベル差が縮小されるため、電気光変換部 3 2 1 に要求されるダイナミックレンジの制限を緩和することができる。

以上のように、本実施形態によれば、無線通信端末が広範囲に存在する場合においても、各無線通信端末が送信する無線信号の信号レベル差を縮小して電気光変換部に入力することができる。これにより、中継装置に A G C 機能を付加することなく、受信した無線信号を電気光変換部が許容するダイナミックレンジの範囲に収めることができる。したがって、無線通信システムの構成を簡易化することができるため、当該システムを安価に構築することができる。

なお、受信アンテナ部と電気光変換部との間に、増幅器

または減衰器を設けることとしてもよい。これにより、受信信号の信号レベルを、さらに精度よく調整することができる。この場合においても、一定利得の簡易な増幅器もしくは減衰器を用意すればよい。ため、A・G・C回路を設ける場合に比べ、無線通信システムの構成を簡略化することができる。

なお、図 3 3 において、上り伝送系のみが図示され、下り伝送系の図示は省略されていた。下り信号を伝送する場合、制御局 3 1 において、信号処理部 3 1 2 から電気光変換部（図示せず）に入力される信号レベルは、ほぼ一定であるため、信号毎に特別な調整を行う必要がない。したがって、制御局 3 1 から各無線通信端末 3 3 a, 3 3 b に信号を伝送する下り伝送系に必要な設備は、従来の構成のままでよい。

なお、中継装置において送受信する無線信号の D / U 比が、所定の D / U を満足することができない場合には、受信した無線信号のレベルを減衰させる減衰部を中継装置に設けることとしてもよい。これにより、中継装置が受信する無線信号のレベル差が小さくなるため、当該無線信号のレベルと、複数のチャンネルを利用して通信する場合に、他チャンネルから漏洩してくる信号のレベルとの差を大きくすることができる。したがって、他チャンネルから漏洩する信号に妨害されることなく正常に通信することができる。

（第 1 4 の実施形態）

図 3 6 は、本発明の第 1 4 の実施形態に係る無線通信シ

システムの部分図であって、受信アンテナ部 3 2 2 x の構成およびその受信範囲 3 7 x の断面を模式的に示す図である。第 1 3 の実施形態において、受信アンテナ部は、指向性アンテナと、電波吸収体とを有していた。これに対し、本実施形態において、受信アンテナ部 3 2 2 x は、ポールアンテナを有する点で第 1 3 の実施形態と相違する。それ以外の構成要素は、第 1 3 の実施形態と同様であるため、第 1 3 の実施形態と同じ構成要素には同一の参照符号を付し、その説明を省略する。

図 3 6 に示すように、受信アンテナ部 3 2 2 x を含む中継装置 3 2 は、建築物の天井 3 4 に設置される。受信アンテナ部 3 2 2 x を構成するポールアンテナは、線状のアンテナであって、ポールの長手方向に対して垂直な方向がピークとなる、ややつぶれた円形の双方向指向性（8 の字指向性ともいう）を有する。なお、図 3 6 に示す受信範囲 3 7 x は、受信範囲の断面を示すにすぎず、実際には、受信範囲 3 7 x は、受信アンテナ部 3 2 2 x を中心としたドーナツ形に形成されている。

中継装置 3 2 を建築物の天井 3 4 に設置した場合、中継装置 3 2 との距離が近い無線通信端末は、中継装置 3 2 の直下またはその近傍に位置する無線通信端末（ここでは、無線通信端末 3 3 b）である。一方、無線通信局 3 2 との距離が遠い無線通信端末は、中継装置 3 2 の直下から離れた場所に位置する無線通信端末（ここでは、無線通信端末 3 3 a）である。

中継装置 3 2 の受信アンテナ部 3 2 2 x は、近傍に位置

する無線通信端末 33b を受信範囲に含まないように設置される。例えば、汎用のポールアンテナの長手方向を、鉛直方向に対して平行になるように設置することによって、鉛直方向に対する受信アンテナ部 322x の指向性が制限される。これにより、受信アンテナ部 322x は、鉛直方向に対する受信感度が制限された受信範囲 37x を有することとなる。受信アンテナ部 322x は、受信範囲 37x 内に位置する無線通信端末が送信する無線信号を高利得で受信し、受信範囲 37x 外に位置する無線通信端末が送信する無線信号を低利得で受信する。

このように中継装置 32 を天井 34 に設置することにより、受信アンテナ部 322x 無線通信局 32 の直下近傍に位置する無線通信端末 33b は、受信アンテナ部 322x の受信範囲 37x に含まれない。したがって、受信アンテナ部 322x は、無線通信端末 33b が送信する無線信号を低利得で受信する。一方、無線通信局 32 の遠方に位置する無線通信端末 33a は、受信アンテナ部 322x の受信範囲 37x に含まれるため、受信アンテナ部 322x は、無線通信端末 33a が送信する無線信号を高利得で受信する。

以上のように、本実施形態によれば、無線通信端末および中継装置間の距離に関わらず、電気光変換部に入力される無線信号の信号レベルを、電気光変換部が許容するダイナミックレンジの範囲内に収めることができる。また、電波吸収体を設けることなく、鉛直方向に対する受信アンテナ部の指向性を制限することができる。したがって、受信

アンテナ部が電波吸収体を有する場合に比べ、システムの構成をより簡略化することができる。

(第 15 の実施形態)

図 37 は、本発明の第 15 の実施形態に係る無線通信システムの部分図であって、受信アンテナ部 322y の構成およびその受信範囲 37y を模式的に示す図である。第 13 の実施形態において、中継装置は、天井に設置されていた。これに対し、本実施形態において、中継装置 32 は、床 40 に設置されている。また、受信アンテナ部 322y は、ポールアンテナを有する。それ以外の構成要素は、第 13 の実施形態と同様であるため、第 13 の実施形態と同じ構成要素には同一の参照符号を付し、その説明を省略する。

中継装置 32 を建築物の床 40 に設置した場合、中継装置 32 との距離が近い無線通信端末は、中継装置 32 の直上またはその近傍に位置する無線通信端末（ここでは、無線通信端末 33b）である。一方、無線通信局 32 との距離が遠い無線通信端末は、中継装置 32 の直上から離れた場所に位置する無線通信端末（ここでは、無線通信端末 33a）である。

中継装置 32 の受信アンテナ部 322y は、近傍に位置する無線通信端末 33b を受信範囲に含まないように設置される。例えば、図 37 に示すように、汎用のポールアンテナの長手方向を、鉛直方向に対して平行になるように設置することによって、鉛直方向に対する受信アンテナ部 322y の指向性が制限される。これにより、受信アンテナ

部 3 2 2 y は、鉛直方向に対する受信感度が制限された受信範囲 3 7 y を有することとなる。受信アンテナ部 3 2 2 y は、受信範囲 3 7 y 内に位置する無線通信端末が送信する無線信号を高利得で受信し、受信範囲 3 7 y 外に位置する無線通信端末が送信する無線信号を低利得で受信する。

このように中継装置 3 2 を床 4 0 に設置することにより、無線通信局 3 2 の直上近傍に位置する無線通信端末 3 3 b は、受信アンテナ部 3 2 2 y の受信範囲 3 7 y に含まれない。したがって、受信アンテナ部 3 2 2 y は、無線通信端末 3 3 b が送信する無線信号を低利得で受信する。一方、無線通信局 3 2 の遠方に位置する無線通信端末 3 3 a は、受信アンテナ部 3 2 2 y の受信範囲 3 7 y に含まれるため、受信アンテナ部 3 2 2 y は、無線通信端末 3 3 a が送信する無線信号を高利得で受信する。

以上のように、本実施形態によれば、無線通信端末および中継装置間の距離に関わらず、電気光変換部に入力される無線信号の信号レベルを、電気光変換部が許容するダイナミックレンジの範囲内に収めることができる。また、電波吸収体を設けることなく、鉛直方向に対する受信アンテナ部の指向性を制限することができる。したがって、受信アンテナ部が電波吸収体を有する場合に比べ、システムの構成をより簡略化することができる。

なお、本実施形態において、受信アンテナ部は、ポールアンテナから構成されていたが、受信アンテナ部は、無指向性アンテナおよび電波吸収体から構成されていてもよい。その場合、電波吸収体は、無指向性アンテナの上部に設

けられるとよい。

(第 16 の実施形態)

図 38 は、本発明の第 16 の実施形態に係る無線通信システムの部分図であって、受信アンテナ部 322z の構成およびその受信範囲 37z を模式的に示す図である。第 13 の実施形態において、中継装置は、天井に設置されていた。これに対し、本実施形態において、中継装置 32 は、壁 41 に設置されている。また、受信アンテナ部 322z は、ポールアンテナを有する。それ以外の構成要素は、第 13 の実施形態と同様であるため、第 13 の実施形態と同じ構成要素には同一の参照符号を付し、その説明を省略する。

中継装置 32 を建築物の壁 41 に設置した場合、中継装置 32 との距離が近い無線通信端末は、中継装置 32 の直下またはその近傍に位置する無線通信端末（ここでは、無線通信端末 33b）である。一方、無線通信局 32 との距離が遠い無線通信端末は、中継装置 32 の直下から離れた場所に位置する無線通信端末（ここでは、無線通信端末 33a）である。

中継装置 32 の受信アンテナ部 322z は、近傍に位置する無線通信端末 33b を受信範囲に含まないように設置される。例えば、汎用のポールアンテナの長手方向を、鉛直方向に対して平行になるように設置することによって、鉛直方向に対する受信アンテナ部 322z の指向性が制限される。これにより、受信アンテナ部 322z は、鉛直方向に対する受信感度が制限された受信範囲 37z を有する

こととなる。受信アンテナ部 3 2 2 z は、受信範囲 3 7 z 内に位置する無線通信端末が送信する無線信号を高利得で受信し、受信範囲 3 7 z 外に位置する無線通信端末が送信する無線信号を低利得で受信する。

このように中継装置 3 2 を壁 4 1 に設置することにより、無線通信局 3 2 の直下近傍に位置する無線通信端末 3 3 b は、受信アンテナ部 3 2 2 z の受信範囲 3 7 z に含まれない。したがって、受信アンテナ部 3 2 2 z は、無線通信端末 3 3 b が送信する無線信号を低利得で受信する。一方、無線通信局 3 2 の遠方に位置する無線通信端末 3 3 a は、受信アンテナ部 3 2 2 z の受信範囲 3 7 z に含まれるため、受信アンテナ部 3 2 2 z は、無線通信端末 3 3 a が送信する無線信号を高利得で受信する。

以上のように、本実施形態によれば、無線通信端末および中継装置間の距離に関わらず、電気光変換部に入力される無線信号の信号レベルを、電気光変換部が許容するダイナミックレンジの範囲内に収めることができる。また、電波吸収体を設けることなく、鉛直方向に対する受信アンテナ部の指向性を制限することができる。したがって、受信アンテナ部が電波吸収体を有する場合に比べ、システムの構成をより簡略化することができる。

なお、本実施形態において、受信アンテナ部は、ポールアンテナから構成されていたが、受信アンテナ部は、無指向性アンテナおよび電波吸収体から構成されていてもよい。その場合、電波吸収体は、無指向性アンテナの下部に設けられるとよい。

以上、第 13 の実施形態～第 16 の実施形態について説明したが、これらの実施形態において、受信アンテナ部は、鉛直方向に位置する無線通信端末が送信する無線信号を低利得で受信し、鉛直方向以外の方向、つまり遠方に位置する無線通信端末が送信する無線信号を高利得で受信する点で共通する。なお、上記の実施形態において、受信アンテナ部は、鉛直方向から送信されてくる無線信号を電気光変換部が許容するダイナミックレンジの上限以下の信号レベルで受信することができる構成であればよく、上述の構成に限定されない。例えば、受信アンテナ部のアンテナは、複数のアンテナからなるアレーアンテナを有していてもよい。この場合、アレーアンテナを構成する複数のアンテナの指向性を、鉛直方向を除く方向に設定することによって、鉛直方向から送信されてくる無線信号の受信利得を制限することができる。

（第 17 の実施形態）

図 39 は、本発明の第 17 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図である。図 39 に示す無線通信システムは、第 13 の実施形態に係る無線通信システムの構成に加え、中継装置 32 が、送信アンテナ部 325 と、電気光変換部 323 とをさらに含み、制御局 31 が、電気光変換部 313 をさらに含む点で相違する。それ以外の構成要素は、第 13 の実施形態と同様であるため、図 33 と同様の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

以下、下りの信号を伝送する場合における無線通信システムの動作について説明する。制御局 31 において、信号

処理部 3 1 1 は、イーサネット（登録商標）ケーブル 3 5 を介して外部ネットワークから伝送されてくる信号を変調する。信号処理部 3 1 1 によって変調された信号は、電気光変換部 3 1 3 に入力される。電気光変換部 3 1 3 は、信号処理部 3 1 1 から入力される電気信号を光信号に変換する。電気光変換部 3 1 3 によって変換された光信号は、光ファイバ 3 6 を伝送し、中継装置 3 2 の光電気変換部 3 2 3 に入力される。

光電気変換部 3 2 3 は、光ファイバ 3 6 から入力される光信号を電気信号に変換する。送信アンテナ部 3 2 5 は、当該電気信号を無線通信区間に送信する。ここで、図 3 9 に示すように、送信アンテナ部 3 2 5 は、受信アンテナ部 3 2 2 の直下に設置される。好ましくは、送信アンテナ部 3 2 5 と受信アンテナ部 3 2 2 とは、一定の距離を離して配置するとよい。

受信アンテナ部 3 2 2 の真下に位置する無線通信端末が送信する無線信号は、送信アンテナ部 3 2 5 によって遮られる。これにより、受信アンテナ部 3 2 2 は、当該無線信号を低利得で受信することとなる。一方、受信アンテナ部 3 2 2 の遠方に位置する無線通信端末が送信する無線信号は、送信アンテナ部 3 2 5 に遮られない。よって、受信アンテナ部 3 2 2 は、当該無線信号を高利得で受信することができる。したがって、本実施形態に係る無線通信システムにおいて、送信アンテナ部 3 2 5 を設けることによって、受信アンテナ部 3 2 2 の鉛直方向に対する受信感度が低減されるため、受信アンテナ部 3 2 2 は、近距離から送信

される無線信号の信号レベルを低利得で受信し、遠距離から送信される無線信号を高利得で受信することができる。これにより、電気光変換部に入力される無線信号の信号レベル差が縮小されることとなるため、中継装置に要求されるダイナミックレンジの制限を緩和することができる。

好ましくは、送信アンテナ部 3 2 5 は、受信アンテナ部 3 2 2 が設置されている方向とは逆方向に信号を送信するような指向性を有するとよい。これにより、送信アンテナ部 3 2 5 から受信アンテナ部 3 2 2 に回り込む無線信号を低減することができる。したがって、中継装置 3 2 内の電気回路における発振や、上り信号および下り信号の干渉による信号劣化を防ぐことができる。

また、送信アンテナ部 3 2 5 と受信アンテナ部 3 2 2 との間に、電波吸収体を設けることとしてもよい。これにより、送信アンテナ部 3 2 5 から受信アンテナ部 3 2 2 に回り込む無線信号をさらに低減することができる。

(第 1 8 の実施形態)

図 4 0 は、本発明の第 1 8 の実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図である。図 4 0 において、無線通信システムは、制御局 3 1 と、複数の中継装置 3 2 a ~ 3 2 c と、無線通信端末 3 3 c とを備える。中継装置 3 2 a は、電気光変換部 3 2 1 と、受信アンテナ部 3 2 2 a と、レベル調整部 3 2 6 とを含む。それ以外は、第 1 3 の実施形態と同様であるため、第 1 3 の実施形態と同様の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。なお、図 4 0 において、無線通信区間に存在する無線通信端末は 1 台

であるが、無線通信区間に存在する無線通信端末は２台以上であってもよい。

中継装置 3 2 a において、受信アンテナ部 3 2 2 a は、単一指向性アンテナを有する。単一指向性アンテナは、例えば、パラボラアンテナである。受信アンテナ部 3 2 2 a は、鉛直方向に対して斜め方向に伸びるような指向性を有する。また、受信アンテナ部 3 2 2 a の受信範囲 4 2 a は、隣接する中継装置のうち、制御局 3 1 と接続された光伝送路の距離がより長い中継装置（ここでは、中継装置 3 2 b）の方向に向かって形成される。受信アンテナ部 3 2 2 a は、受信範囲 4 2 a 内に位置する無線通信端末から送信される無線信号のみを受信し、受信範囲 4 2 a 外から送信される無線信号は受信しない。

レベル調整部 3 2 6 は、受信アンテナ部 3 2 2 a が受信した無線信号を増幅することによって、電気光変換部 3 2 1 に入力される無線信号の信号レベルを調整するが、詳細については後述する。レベル調整部 3 2 6 によって増幅された無線信号は、電気光変換部 3 2 1 によって光信号に変換される。光信号は、光ファイバ 3 6 a, 3 6 d を伝送し、制御局 3 1 に入力される。なお、中継装置 3 2 b および中継装置 3 2 c も、中継装置 3 2 a と同様の構成を有する。

なお、図 4 0 において、中継装置 3 2 a ~ 3 2 c は、バス型に接続されているが、中継装置 3 2 a ~ 3 2 c は、制御局 3 1 に対して、それぞれの中継装置が 1 対 1 で接続されるようなスター型に接続されていてもよい。

次に、本実施形態に係る無線通信システムにおける無線信号の受信動作について説明する。例えば、無線通信端末 3 3 c から最も近い位置にある受信アンテナ部は、受信アンテナ部 3 2 2 b である。しかし、各受信アンテナ部は、鉛直方向に対して斜め方向に伸びる指向性を有するため、無線通信端末 3 3 c は、受信アンテナ部 3 2 2 b の受信範囲 4 2 b に含まれない。一方、無線通信端末 3 3 c は、中継装置 3 2 b に隣接する中継装置 3 2 a の受信範囲 4 2 a に含まれる。したがって、無線通信端末 3 3 c が送信する無線信号は、中継装置 3 2 a の受信アンテナ部 3 2 2 a によって受信される。

このように、各中継装置は、近距離から送信される信号レベルの大きい無線信号を受信することがない。したがって、中継装置の電気光変換部に入力される無線信号の信号レベルを、電気光変換部が許容するダイナミックレンジの上限内に収めることができる。これにより、複数の中継装置を設置することによって広範囲の通信エリアをカバーすると共に、信号を高品質に光伝送することができる。

ここで、各受信アンテナ部は、当該受信アンテナ部の受信範囲の一部が、隣接する受信アンテナ部の受信範囲の一部と重複するように設置されている。したがって、各受信アンテナ部の受信範囲には、隣接する受信アンテナ部の受信範囲が重複する区域が存在する。図 4 1 は、複数の受信範囲が重複する区域に無線通信端末が存在する場合における無線通信システムの部分図である。図 4 1 に示すように、無線通信端末 3 3 c は、受信範囲 4 2 a および 4 2 b が

重複する区域に位置する。この場合、無線通信端末 3 3 c が送信する無線信号は、受信アンテナ部 3 2 2 a および 3 2 2 b の両方で受信されることとなる。中継装置 3 2 a の受信アンテナ部 3 2 2 a において受信された無線信号は光信号に変換された後、光ファイバ 3 6 a , 3 6 d を伝送して制御局 3 1 に到達する。一方、中継装置 3 2 b の受信アンテナ部 3 2 2 b において受信された無線信号は光信号に変換された後、光ファイバ 3 6 b , 3 6 d を伝送して制御局 3 1 に到達する。

しかしながら、中継装置 3 2 a および制御局 3 1 の間を接続する光ファイバの長さ、中継装置 3 2 b および制御局 3 1 の間を接続する光ファイバの長さとは異なる。したがって、1 台の無線通信端末が送信した無線信号が、複数の受信アンテナ部によって受信された場合、異なる伝送路を経由した信号が制御局 3 1 に到達するまでの遅延時間差が生じる。これにより、信号が互いに干渉し合い（マルチパス干渉）、通信品質が劣化してしまうという問題がある。

無線通信端末 3 3 c が送信する無線信号が受信アンテナ部 3 2 2 a によって受信され、制御局 3 1 に到達するまでにかかる総所要時間は、無線信号が受信範囲 4 2 a を伝搬する伝搬時間 $T(L_{wa})$ と、光信号が光ファイバ 3 6 a , 3 6 d を伝搬する伝搬時間 $T(L_{oa})$ との和である。また、無線通信端末 3 3 c から送信された無線信号が受信アンテナ部 3 2 2 b によって受信され、制御局 3 1 に到達するまでにかかる総所要時間は、無線信号が受信範囲 4 2

b を伝搬する伝搬時間 $T(Lwb)$ と、光信号が光ファイバ 36b, 36d を伝搬する伝搬時間 $T(Lob)$ との和である。

したがって、複数の受信アンテナ部によって受信される無線信号が制御局に到達するまでの遅延時間差を解消するためには、伝搬時間 $T(Loa)$ および伝搬時間 $T(Lwa)$ の和と、伝搬時間 $T(Lob)$ および伝搬時間 $T(Lwb)$ の和とがほぼ一致するような位置に受信範囲 42a, 42b を形成すればよいことが分かる。

例えば、光ファイバ内を伝搬する光信号の伝搬速度が、空気中を伝搬する無線信号の伝搬速度の 1.5 倍である場合、

$$Lwa - Lwb = 1.5 \times (Lob - Loa) \cdots (3)$$

という関係式を満たすように、各受信アンテナ部の指向性を調整し、受信範囲 42a, 42b を形成する。具体的には、各受信アンテナ部の傾斜角度を変更したり、各受信アンテナ部が有する指向性の広がり角度を変更したりすることによって、指向性を調整する。

以下、光伝送路の長さの差 $Lob - Loa$ が 30m である場合における中継装置および受信アンテナ部の設置方法について説明する。

$Lob - Loa$ が 30m である場合、式 (3) より、 $Lwa - Lwb = 45$ が求められる。ここで、例えば、受信アンテナ部 322a の受信可能範囲が 60m である場合、 $Lwa = 60$ (m) と考えられる。

図 4 2 は、受信アンテナ部 3 2 2 a の受信範囲を模式的に示す図である。図 4 2 において、 h は、天井と床との距離を表す。一般的な家屋の天井の高さは約 2 m であるため、 $h = 2$ (m) として説明する。また、アンテナの直下周辺において、ダイナミックレンジの上限を超えないように、無線信号を受信しない範囲は予め決められている。ここでは、受信アンテナ部直下からの無線信号を受信しない距離 $y = 5$ (m) とする。 $y = 5$ 、 $h = 2$ であるから、直角三角形の定理より、 $Lwb = 5.39$ (m) と求められる。ここで、 $Lwa = 60$ (m) であるため、 $Lwa - Lwb = 45$ を満たすためには、 $Lwb = 15$ (m) とするのが理想的である。しかし、 Lwb が 15 m である場合、受信アンテナ部 3 2 2 a の受信範囲が狭くなってしまう。また、無線通信区間において、10 m 程度の誤差は許容されるため、ここでは $Lwb = 5.39$ (m) とする。そして、 $Lwa = 60$ 、 $h = 2$ であるから、直角三角形の定理より、 $y + z = 59.97$ が求められる。また、 $y = 5$ であるから、受信範囲の底面の長さ $z = 54.97$ となる。

次に、受信アンテナ部 3 2 2 a における指向性の広がり角度 α を求める。 $Lwa = 60$ 、 $Lwb = 5.39$ 、 $z = 54.97$ であるから、余弦定理より、 $\cos \alpha = 0.94$ と求められる。よって、指向性の広がり角度 α を約 20° とすればよいことが分かる。

また、受信アンテナ部 3 2 2 a および 3 2 2 b の受信範囲において、重複している区域の長さを x とすると、中継装置間の距離 $R = y + z - y - x$ と表される。例えば、 x

= 5 (m) のとき、 R は約 50 m となる。

以上より、中継装置間の距離 R が 50 m、受信範囲の最大長さ L_{wa} が 60 m、指向性の広がり角度 α が約 20° となるように、中継装置 32 a および 32 b を設置すればよいことが分かる。このように、光伝送路の長さに制限がある場合においても、無線信号を受信しない距離 y および重複範囲 x を設定することによって、指向性の広がり角度 α と、受信範囲の最大長さ L_{wa} と、中継装置間の距離 R を求めることができる。

なお、中継装置間の距離 R が予め定められている場合においても、無線信号を受信しない距離 y および重複範囲 x の値を設定することによって、指向性の角度 α と、受信範囲の最大長さ L_{wa} とを求めることができる。

好ましくは、一台の無線通信端末 33 c が送信する無線信号を複数の中継装置が受信する場合、光ファイバ 36 a および 36 b に送出される光信号の信号レベルの差が所定範囲内に収まるように、無線信号の信号レベルを調整するとよい。無線信号の信号レベルは、レベル調整部 32 6 によって調整することができる。

また、好ましくは、1つの中継装置がカバーする無線通信範囲を、提供する無線通信システムにおいて予め想定されている1つの無線伝送路の範囲よりも縮小するとよい。これにより、無線信号の遅延時間のばらつきを縮小することができる。したがって、中継装置および制御局を接続される光ファイバ長にばらつきがある場合においても、マルチパス干渉による通信品質の劣化を低減することができる。

。

以上のように、本実施形態によれば、各中継装置は、近距離から送信される信号レベルの大きい無線信号を受信せず、一定距離以上離れた無線通信端末が送信する無線信号を受信する。したがって、中継装置は、電気光変換部が許容するダイナミックレンジの上限を超えないレベルの信号のみを受信することができる。これにより、無線信号を高品質に光伝送することができる。また、中継装置は、A G C機能を有する必要がないため、無線通信システムの構成を簡易化し、当該システムを安価に構築することができる。

。

さらに、本実施形態によれば、複数の中継装置を設けることによって、無線通信区間を拡大することができる。また、各受信アンテナ部の指向性を調整することによって、無線信号が複数の受信アンテナ部によって受信された場合においても、無線伝送路および光伝送路における各無線信号の遅延時間差を所定の時間内に収めることができる。これにより、マルチパス干渉による信号の劣化を防止することができる。

なお、上記実施形態において、各受信アンテナ部は、鉛直斜め下方向に対する指向性を有しているが、各受信アンテナ部は、直下に位置する無線通信端末から送信される無線信号を受信せず、隣接する中継装置の直下に位置する無線通信端末から送信される無線信号を受信することができるような指向性を有していればよい。各受信アンテナ部の指向性は、上記実施形態に限られない。

なお、第 13 の実施形態～第 18 の実施形態のいずれの実施形態においても、無線通信システムは、周波数分割多重化方式を利用して光伝送することができる。本発明によれば、複数の無線通信端末がそれぞれ異なる周波数を利用して中継装置と通信する場合においても、周波数に依存することなく、無線信号を電気光変換部が許容するダイナミックレンジの範囲内に収めることができる。したがって、無線信号を高品質に光伝送することができる。また、受信信号を分離する帯域通過フィルタや、信号レベルを調整する A G C 回路を設ける必要がないため、中継装置の構成を簡易化することができる。さらに、各無線通信端末に割り当てられた周波数帯域幅が狭く、帯域通過フィルタの作製が困難である屋内利用の無線 LAN の光伝送システムの場合、本発明は特に有効である。

産業上の利用可能性

本発明は、中継装置において受信する無線信号のレベルを所定のダイナミックレンジの範囲内に収めることができる無線通信システム等として有用である。

請求の範囲

1. 制御装置と、前記制御装置と光伝送路を介して接続された1以上の中継装置と、前記中継装置と無線通信する複数の無線通信端末とを備える無線通信システムであって、
前記制御装置は、

下り電気信号を下り光信号に変換し、前記光伝送路を介して前記中継装置に送信する第1の光送信部と、

前記光伝送路を介して前記中継装置から送信されてくる上り光信号を上り電気信号に変換する第1の光受信部とを含み、

前記中継装置は、

前記光伝送路を介して前記制御装置から送信されてくる前記下り光信号を前記下り電気信号に変換する第2の光受信部と、

前記第2の光受信部によって変換された下り電気信号を前記無線通信端末に無線信号として送信し、前記無線通信端末から送信される無線信号を受信して前記上り電気信号とする送受信アンテナ部と、

前記送受信アンテナ部によって受信された前記上り電気信号を前記上り光信号に変換し、前記光伝送路を介して前記制御装置に送信する第2の光送信部とを含み、

前記中継装置が受信する無線信号の受信強度が所定の範囲内に収まるように、前記中継装置が送信または受信する無線信号のレベルを調整する無線信号レベル制限手段を備えることを特徴とする、無線通信システム。

2. 前記所定の範囲は、各前記無線通信端末が利用するそれぞれのチャンネルにおいて、当該チャンネル以外のチャンネルに漏洩する周波数成分のレベルに対する当該チャンネルを利用する無線信号のレベルの比である漏洩比と、当該チャンネルを利用する無線信号のレベルに対する当該チャンネル以外のチャンネルを利用する無線通信端末からの漏洩信号のレベルの比である信号対雑音比との差よりも小さい範囲であることを特徴とする、請求項1に記載の無線通信システム。

3. 前記無線信号レベル制限手段は、前記第2の光受信部が出力する前記下り電気信号のレベルを調整する前記中継装置内に設けられたレベル制御部であり、

前記レベル制御部は、前記下り電気信号のレベルを減衰させることによって、前記中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが前記所定の範囲内となるようにすることを特徴とする、請求項2に記載の無線通信システム。

4. 前記制御装置は、前記第1の光送信部を複数含み、

前記無線信号レベル制限手段は、前記下り電気信号を分岐する前記制御装置内に設けられた信号分配部であり、

前記信号分配部は、前記下り電気信号を分岐して当該下り電気信号のレベルを減衰させることによって、前記中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが前記所定の範囲内となるようにし、

前記第1の光送信部は、前記信号分配部によって分岐さ

れた下り電気信号を下り光信号に変換する、請求項 2 に記載の無線通信システム。

5. 前記無線信号レベル制限手段は、前記下り電気信号に重畳して送信させるためのパイロット信号を生成する前記制御装置に設けられたパイロット信号生成部であり、

前記第 1 の光送信部は、前記パイロット信号が重畳された下り電気信号を下り光信号に変換し、

前記中継装置は、さらに、

前記中第 2 の光受信部によって変換された下り電気信号に重畳されているパイロット信号のレベルを検出するパイロット信号検出部と、

前記パイロット信号検出手段によって検出されたパイロット信号のレベルが一定となるように、前記無線信号のレベルを制御するレベル制御部とを含み、

前記パイロット信号生成部は、生成する前記パイロット信号のレベルを増大させることによって、前記中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが前記所定の範囲内となるようにすることを特徴とする、請求項 2 に記載の無線通信システム。

6. 前記無線信号レベル制限手段は、前記制御装置に設けられ、

前記第 1 の光受信部によって変換された上り電気信号の品質が所定の条件を満たしているか否かを監視する監視部と、

前記監視部によって前記上り電気信号の品質が所定の

条件を満たしていないと判断された場合、前記第 1 の光送信部に入力される前記下り電気信号のレベルを低減し、光変調度を低下させるレベル制御部とからなり、

前記レベル制御部は、前記光変調度を低下させ、前記下り光信号のパワーを減衰することによって、前記中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが前記所定の範囲内となるようにすることを特徴とする、請求項 2 に記載の無線通信システム。

7. 前記無線信号レベル制限手段は、前記制御装置に設けられ、

前記第 1 の光受信部によって変換された上り電気信号の品質が所定の条件を満たしているか否かを監視する監視部と、

前記監視部によって前記上り電気信号の品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、前記第 1 の光送信部で設定されるバイアス電流のレベルを低減し、光変調度を低下させるレベル制御部とからなり、

前記レベル制御部は、前記光変調度を低下させ、前記下り光信号のパワーを減衰することによって、前記中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが前記所定の範囲内となるようにすることを特徴とする、請求項 2 に記載の無線通信システム。

8. 前記無線信号レベル制限手段は、前記第 2 の光送信部によって変換された前記上り光信号にひずみが発生しない

レベルに前記無線信号を減衰するレベル減衰部を有する、請求項 2 に記載の無線通信システム。

9. 互いに隣接する前記中継装置の通信範囲同士は、一部重複しており、

前記中継装置は、前記無線通信端末との間で送受信する前記無線信号のレベルを調整することによって利得を制御するレベル調整手段を含み、

前記レベル調整手段は、前記制御装置から送信される信号が、前記中継装置を介して、前記通信可能範囲が重複する区域に存在する前記無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間と、前記制御装置から送信される信号が、隣接する前記中継装置を介して、前記通信可能範囲が重複する区域に存在する前記無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間との差が所定時間内となるように前記無線信号のレベルを調整することを特徴とする、請求項 2 に記載の無線通信システム。

10. 隣接する 2 つの前記中継装置を 1 組としたとき、隣り合う前記中継装置の組は、別の隣り合う中継装置の組と異なる周波数を用いて通信することを特徴とする、請求項 9 に記載の無線通信システム。

11. 前記送受信アンテナ部は、隣接する前記中継装置のうち、当該送受信アンテナ部を備える中継装置よりも、前記制御装置との間を接続する光伝送路の長さが長い中継装置に向かう指向性を有することを特徴とする、請求項 9 に記載の通信システム。

12. さらに、前記制御装置と各前記中継装置とを接続す

る光伝送路を分岐する光分岐結合部を備え、分岐された前記光ファイバの一方の端に中継装置が接続され、もう一方の端に別の光分岐手段が接続されることを特徴とする、請求項 9 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の無線通信システム。

13. 前記光分岐結合部は、前記制御装置内に接続される 1 本の光ファイバを所定の数以上に分配し、分配された光ファイバにそれぞれ中継装置が接続されることを特徴とする請求項 9 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の無線通信システム。

14. 前記レベル調整部は、前記遅延時間が、前記無線通信システムが許容する最大の遅延時間となるように、前記無線信号のレベルを調整することを特徴とする、請求項 9 に記載の無線通信システム。

15. 互いに隣接する前記中継装置の通信範囲同士は、一部重複しており、

前記中継装置は、前記制御装置との間で送受信する前記光信号の遅延時間を制御する光信号制御手段を含み、

前記光信号制御手段は、前記制御装置から送信される信号が、前記中継装置を介して、前記通信可能範囲が重複する区域に存在する前記無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間と、前記制御装置から送信される信号が、隣接する前記中継装置を介して、前記通信可能範囲が重複する区域に存在する前記無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間との差が所定時間内となるように前記光信号の遅延時間を制御することを特徴とする、請求項 2 に記載の無線通信システム。

16. 前記送受信アンテナ部は、鉛直方向の受信感度が前記所定の範囲内となるような指向性を有し、

前記所定の範囲は、前記第2の光送信部が許容する範囲であることを特徴とする、請求項1に記載の無線通信システム。

17. 前記無線信号レベル制限手段は、鉛直方向から送信されてくる無線信号を吸収する前記送受信アンテナ部に設けられた電波吸収体であることを特徴とする、請求項16に記載の無線光伝送システム。

18. 前記送受信アンテナ部は、双方向指向性を有するポールアンテナから構成されており、

前記ポールアンテナは、鉛直方向の受信感度が前記所定のレベル内となるように設置されていることを特徴とする、請求項16に記載の無線光伝送システム。

19. 前記ポールアンテナは、建物内の天井に設置されていることを特徴とする、請求項18に記載の無線光伝送システム。

20. 前記ポールアンテナは、建物内の床に設置されていることを特徴とする、請求項18に記載の無線光伝送システム。

21. 前記ポールアンテナは、建物内の壁に設置されていることを特徴とする、請求項18に記載の無線光伝送システム。

22. 前記送受信アンテナ部は、

前記第2の光受信部によって変換された下り電気信号を前記無線通信端末に無線信号として送信する受信アンテナ

部と、

前記無線通信端末から送信される無線信号を受信して前記上り電気信号とする送信アンテナ部とからなり、

前記無線信号レベル制限手段は、前記送信アンテナ部であって、鉛直方向から送信されてくる無線信号を遮断する位置に設けられることを特徴とする、請求項16に記載の無線光伝送システム。

23. 前記送信アンテナ部は、前記受信アンテナ部が設けられた方向を除く方向に指向性を有することを特徴とする、請求項22に記載の無線光伝送システム。

24. 前記無線信号レベル制限手段は、さらに、前記送受信アンテナ部が受信する信号のレベルを減衰させ、各前記無線通信端末が利用するそれぞれのチャンネルにおいて、当該チャンネルを利用する無線信号のレベルに対する当該チャンネル以外のチャンネルを利用する無線通信端末からの漏洩信号のレベルの比である信号対雑音比を所定値以下とするレベル減衰部を有する、請求項16に記載の無線通信システム。

25. 各前記送受信アンテナ部は、直下に位置する前記無線通信端末からの無線信号を受信しないような単一指向性を有し、かつ受信可能範囲内に存在する前記無線通信端末から送信される無線信号を所定のレベル内で受信し、

前記送受信アンテナ部の内、少なくとも1つの前記送受信アンテナ部は、前記単一指向性が向かう方向に位置し、かつ当該送受信アンテナ部に隣接する中継装置における送受信アンテナ部の直下に位置する無線通信端末からの無線

信号を受信し、

前記所定のレベルは、前記所定の範囲内となるレベルであることを特徴とする、請求項 16 に記載の無線光伝送システム。

26. 前記送受信アンテナ部の内、前記単一指向性が示す方向の最端箇所に位置する中継装置以外の中継装置の送受信アンテナ部は、前記単一指向性が向かう方向に位置し、かつ当該送受信アンテナ部に隣接する中継装置における送受信アンテナ部の直下に位置する無線通信端末からの無線信号を受信することを特徴とする、請求項 25 に記載の無線光伝送システム。

27. 各前記送受信アンテナ部の単一指向性は、鉛直斜め下方向から隣接する前記中継装置における前記送受信アンテナ部の直下方向に向けた指向性であることを特徴とする、請求項 26 に記載の無線光伝送システム。

28. 互いに隣接する前記中継装置の受信可能範囲同士は、一部重複していることを特徴とする、請求項 27 に記載の無線光伝送システム。

29. 前記送受信アンテナ部は、隣接した前記中継装置のうち、当該送受信アンテナ部を備える中継装置よりも、制御装置との間を接続する光伝送路の長さが長い中継装置に向かう単一指向性を有し、

前記単一指向性は、前記受信可能範囲が重複する区域から送信される無線信号が前記送受信アンテナ部によって受信され、前記制御装置に伝送されるまでに要する遅延時間と、当該無線信号が隣接する前記中継装置における前記送

受信アンテナ部によって受信され、前記制御装置に伝送されるまでに要する遅延時間との差が所定時間内となるように調整されることを特徴とする、請求項 28 に記載の無線光伝送システム。

30. 前記単一指向性は、当該単一指向性の広がり角度を変更することによって調整されることを特徴とする、請求項 29 に記載の無線光伝送システム。

31. 前記単一指向性は、前記送受信アンテナ部の設置角度を変更することによって調整されることを特徴とする、請求項 29 に記載の無線光伝送システム。

32. 前記中継装置は、さらに、前記送受信アンテナ部によって受信された無線信号を増幅または減衰するレベル調整部を備え、

前記レベル調整部は、受信可能範囲が重複する区域から送信されてくる無線信号のレベルが所定のレベルとなるように無線信号を増幅または減衰し、

前記所定のレベルは、前記重複する区域から送信され、隣接した前記中継装置によって受信された無線信号のレベルとの差が所定範囲内となるようなレベルであることを特徴とする、請求項 29 に記載の無線光伝送システム。

33. 前記無線通信端末は、それぞれ異なる周波数の無線信号を用いて通信することを特徴とする、請求項 16 に記載の無線光伝送システム。

補正書の請求の範囲

[2005年1月12日 (12.01.05) 国際事務局受理：出願当初の請求の範囲 1, 4-9, 11, 13-15 及び 33 は補正された； 出願当初の請求の範囲 3 及び 16-32 は取り下げられた；新しい請求の範囲 34 が加えられた；他の請求の範囲は変更なし。]

1. (補正後) 制御装置と、前記制御装置と光伝送路を介して接続された 1 以上の中継装置と、前記中継装置と無線通信する複数の無線通信端末とを備える無線通信システムであって、

前記制御装置は、

下り電気信号を下り光信号に変換し、前記光伝送路を介して前記中継装置に送信する第 1 の光送信部と、

前記光伝送路を介して前記中継装置から送信されてくる上り光信号を上り電気信号に変換する第 1 の光受信部とを含み、

前記中継装置は、

前記光伝送路を介して前記制御装置から送信されてくる前記下り光信号を前記下り電気信号に変換する第 2 の光受信部と、

前記第 2 の光受信部によって変換された下り電気信号を前記無線通信端末に無線信号として送信し、前記無線通信端末から送信される無線信号を受信して前記上り電気信号とする送受信アンテナ部と、

前記送受信アンテナ部によって受信された前記上り電気信号を前記上り光信号に変換し、前記光伝送路を介して前記制御装置に送信する第 2 の光送信部とを含み、

前記中継装置が受信する無線信号の受信強度が所定の範囲内に収まるように、前記中継装置が送信または受信する無線信号のレベルを減衰させる無線信号レベル制限手段を

備えることを特徴とする、無線通信システム。

2. 前記所定の範囲は、各前記無線通信端末が利用するそれぞれのチャンネルにおいて、当該チャンネル以外のチャンネルに漏洩する周波数成分のレベルに対する当該チャンネルを利用する無線信号のレベルの比である漏洩比と、当該チャンネルを利用する無線信号のレベルに対する当該チャンネル以外のチャンネルを利用する無線通信端末からの漏洩信号のレベルの比である信号対雑音比との差よりも小さい範囲であることを特徴とする、請求項1に記載の無線通信システム。

3. (削除)

4. (補正後) 前記制御装置は、前記第1の光送信部を複数含み、

前記無線信号レベル制限手段は、前記下り電気信号を分岐する前記制御装置内に設けられた信号分配部であり、

前記信号分配部は、前記下り電気信号を分岐して当該下り電気信号のレベルを減衰させることによって、前記中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが前記所定の範囲内となるようにし、

前記第1の光送信部は、前記信号分配部によって分岐された下り電気信号を下り光信号に変換する、請求項1に記載の無線通信システム。

5. (補正後) 前記無線信号レベル制限手段は、前記下り電気信号に重畳して送信させるためのパイロット信号を生成する前記制御装置に設けられたパイロット信号生成部で

あり、

前記第1の光送信部は、前記パイロット信号が重畳された下り電気信号を下り光信号に変換し、

前記中継装置は、さらに、

前記中第2の光受信部によって変換された下り電気信号に重畳されているパイロット信号のレベルを検出するパイロット信号検出部と、

前記パイロット信号検出手段によって検出されたパイロット信号のレベルが一定となるように、前記無線信号のレベルを制御するレベル制御部とを含み、

前記パイロット信号生成部は、生成する前記パイロット信号のレベルを増大させることによって、前記中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが前記所定の範囲内となるようにすることを特徴とする、請求項1に記載の無線通信システム。

6. (補正後) 前記無線信号レベル制限手段は、前記制御装置に設けられ、

前記第1の光受信部によって変換された上り電気信号の品質が所定の条件を満たしているか否かを監視する監視部と、

前記監視部によって前記上り電気信号の品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、前記第1の光送信部に入力される前記下り電気信号のレベルを低減し、光変調度を低下させるレベル制御部とからなり、

前記レベル制御部は、前記光変調度を低下させ、前記下

り光信号のパワーを減衰することによって、前記中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが前記所定の範囲内となるようにすることを特徴とする、請求項 1 に記載の無線通信システム。

7. (補正後) 前記無線信号レベル制限手段は、前記制御装置に設けられ、

前記第 1 の光受信部によって変換された上り電気信号の品質が所定の条件を満たしているか否かを監視する監視部と、

前記監視部によって前記上り電気信号の品質が所定の条件を満たしていないと判断された場合、前記第 1 の光送信部で設定されるバイアス電流のレベルを低減し、光変調度を低下させるレベル制御部とからなり、

前記レベル制御部は、前記光変調度を低下させ、前記下り光信号のパワーを減衰することによって、前記中継装置の通信可能エリアを狭くし、通信可能エリア内に存在する無線通信端末が送信する無線信号のレベルが前記所定の範囲内となるようにすることを特徴とする、請求項 1 に記載の無線通信システム。

8. (補正後) 前記無線信号レベル制限手段は、前記第 2 の光送信部によって変換された前記上り光信号にひずみが発生しないレベルに前記無線信号を減衰するレベル減衰部を有する、請求項 1 に記載の無線通信システム。

9. (補正後) 互いに隣接する前記中継装置の通信範囲同士は、一部重複しており、

前記中継装置は、前記無線通信端末との間で送受信する前記無線信号のレベルを調整することによって利得を制御するレベル調整手段を含み、

前記レベル調整手段は、前記制御装置から送信される信号が、前記中継装置を介して、前記通信可能範囲が重複する区域に存在する前記無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間と、前記制御装置から送信される信号が、隣接する前記中継装置を介して、前記通信可能範囲が重複する区域に存在する前記無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間との差が所定時間内となるように前記無線信号のレベルを調整することを特徴とする、請求項 1 に記載の無線通信システム。

10. 隣接する 2 つの前記中継装置を 1 組としたとき、隣り合う前記中継装置の組は、別の隣り合う中継装置の組と異なる周波数を用いて通信することを特徴とする、請求項 9 に記載の無線通信システム。

11. (補正後) 前記送受信アンテナ部は、隣接する前記中継装置のうち、当該送受信アンテナ部を備える中継装置よりも、前記制御装置との間を接続する光伝送路の長さが長い中継装置に向かう指向性を有することを特徴とする、請求項 9 に記載の無線通信システム。

12. さらに、前記制御装置と各前記中継装置とを接続する光伝送路を分岐する光分岐結合部を備え、分岐された前記光ファイバの一方の端に中継装置が接続され、もう一方の端に別の光分岐手段が接続されることを特徴とする、請求項 9 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の無線通信システム。

13. (補正後) さらに、前記制御装置と各前記中継装置とを接続する光伝送路を分岐する光分岐結合部を備え、

前記光分岐結合部は、前記制御装置内に接続される1本の光ファイバを所定の数以上に分配し、分配された光ファイバにそれぞれ中継装置が接続されることを特徴とする、請求項9～11のいずれか1項に記載の無線通信システム。

14. (補正後) 前記レベル調整手段は、前記遅延時間が、前記無線通信システムが許容する最大の遅延時間となるように、前記無線信号のレベルを調整することを特徴とする、請求項9に記載の無線通信システム。

15. (補正後) 互いに隣接する前記中継装置の通信範囲同士は、一部重複しており、

前記中継装置は、前記制御装置との間で送受信する前記光信号の遅延時間を制御する光信号制御手段を含み、

前記光信号制御手段は、前記制御装置から送信される信号が、前記中継装置を介して、前記通信可能範囲が重複する区域に存在する前記無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間と、前記制御装置から送信される信号が、隣接する前記中継装置を介して、前記通信可能範囲が重複する区域に存在する前記無線通信端末に伝送されるまでに要する遅延時間との差が所定時間内となるように前記光信号の遅延時間を制御することを特徴とする、請求項1に記載の無線通信システム。

16. (削除)

17. (削除)

1 8 . (削 除)

1 9 . (削 除)

2 0 . (削 除)

2 1 . (削 除)

2 2 . (削 除)

2 3 . (削 除)

2 4 . (削 除)

2 5 . (削 除)

2 6 . (削 除)

2 7 . (削 除)

2 8 . (削 除)

2 9 . (削 除)

3 0 . (削 除)

3 1 . (削 除)

3 2 . (削 除)

3 3 . (補 正 後) 複 数 の 前 記 無 線 通 信 端 末 が そ れ ぞ れ 通 信 に 用 い る 無 線 信 号 は 、 少 な く と も 2 つ の 異 な る 周 波 数 を 有 す る こ と を 特 徴 と す る 、 請 求 項 1 ～ 1 5 の い ず れ か 1 項 に 記 載 の 無 線 通 信 シ ス テ ム 。

3 4 . (追 加) 制 御 装 置 と 光 伝 送 路 を 介 し て 接 続 さ れ 、 複 数 の 無 線 通 信 端 末 と 無 線 通 信 す る 中 継 装 置 で あ っ て 、

前 記 光 伝 送 路 を 介 し て 前 記 制 御 装 置 か ら 送 信 さ れ て く る 下 り 光 信 号 を 下 り 電 気 信 号 に 変 換 す る 光 受 信 部 と 、

前 記 光 受 信 部 に よ っ て 変 換 さ れ た 下 り 電 気 信 号 を 前 記 無 線 通 信 端 末 に 無 線 信 号 と し て 送 信 し 、 前 記 無 線 通 信 端 末 か ら 送 信 さ れ る 無 線 信 号 を 受 信 し て 上 り 電 気 信 号 と す る 送 受

信アンテナ部と、

前記送受信アンテナ部によって受信された前記上り電気信号を上り光信号に変換し、前記光伝送路を介して前記制御装置に送信する光送信部と、

前記送受信アンテナ部が受信する無線信号の受信強度が所定の範囲内に収まるように、前記送受信アンテナ部が送信または受信する無線信号のレベルを減衰させる無線信号レベル制限手段とを備える、中継装置。

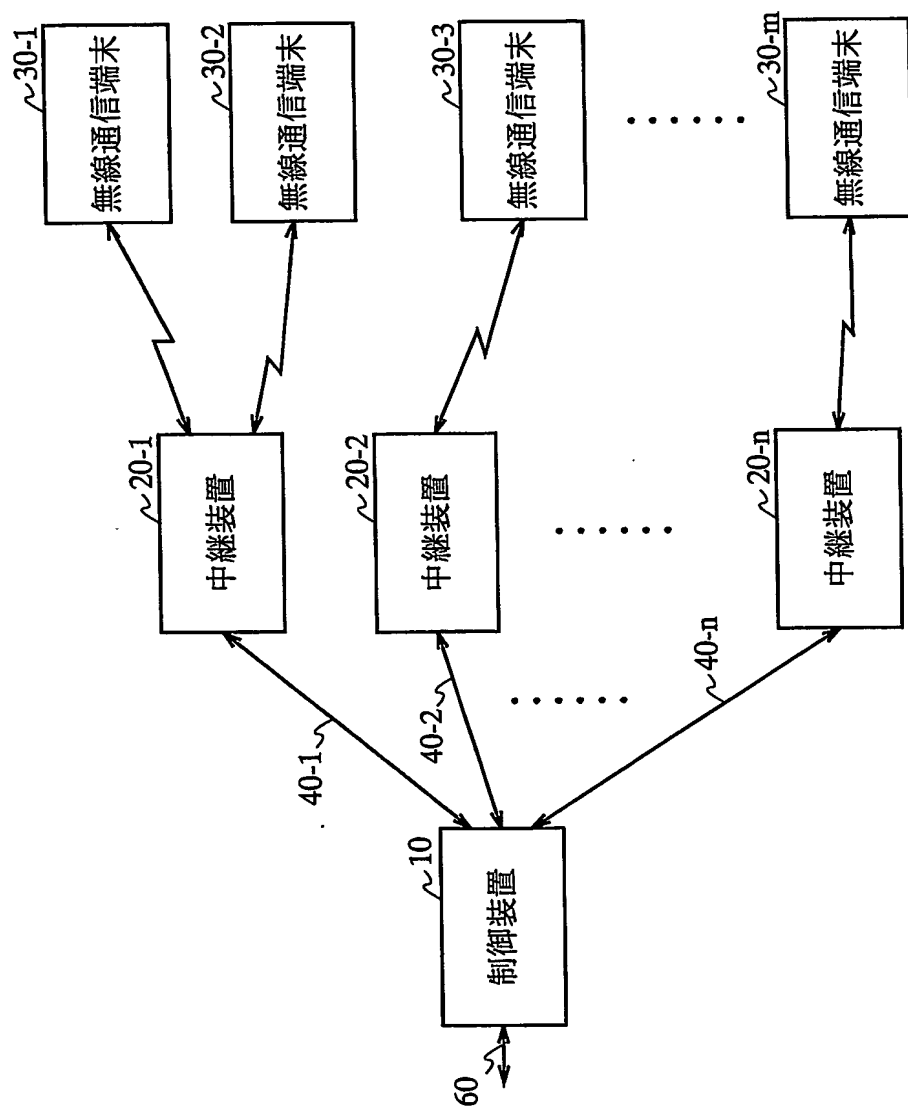


図 1

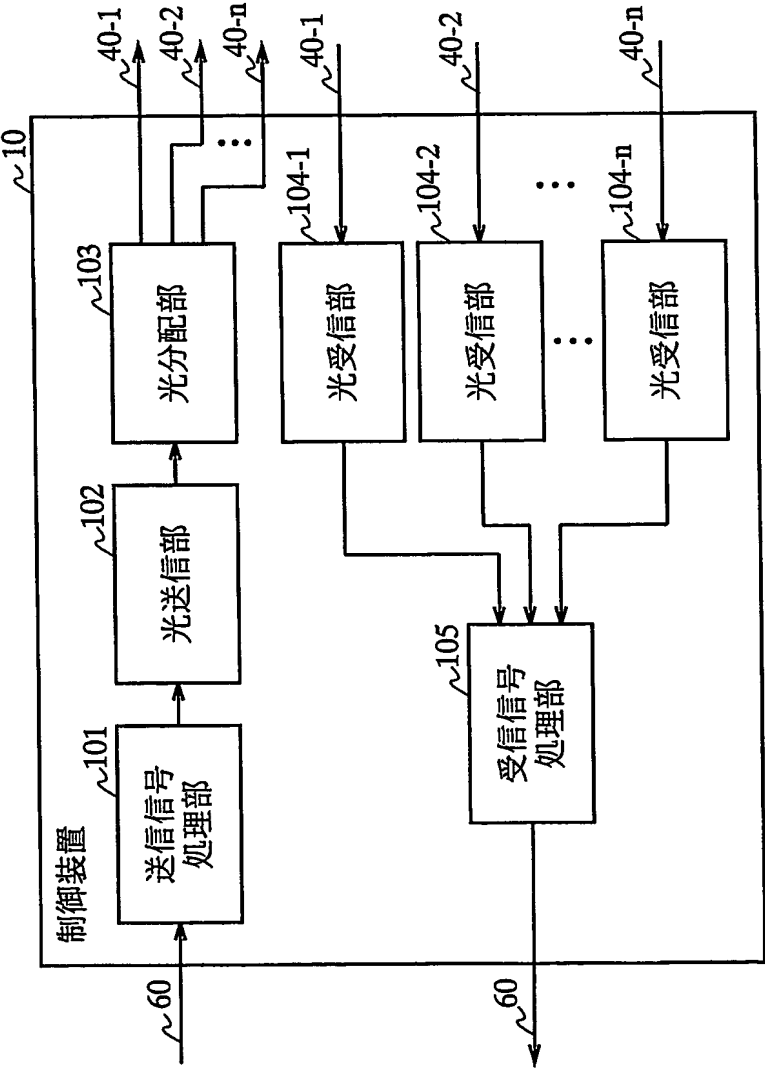


図 2

図 3

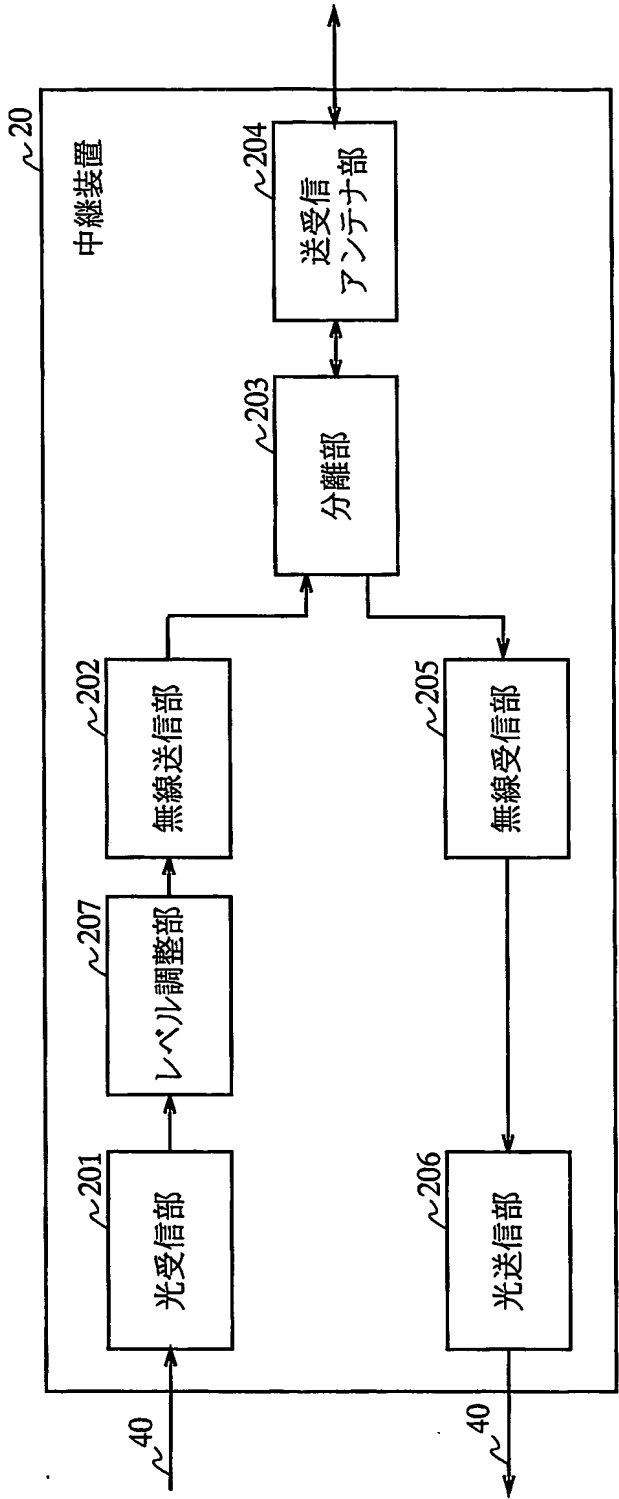


図 4 A

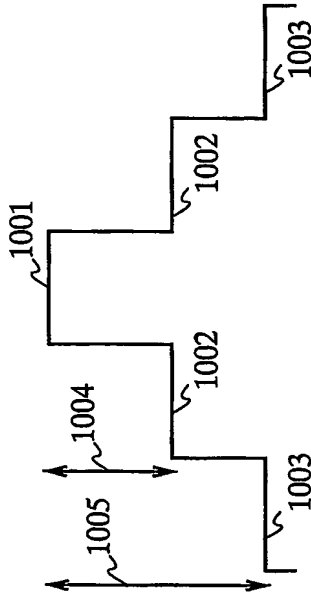
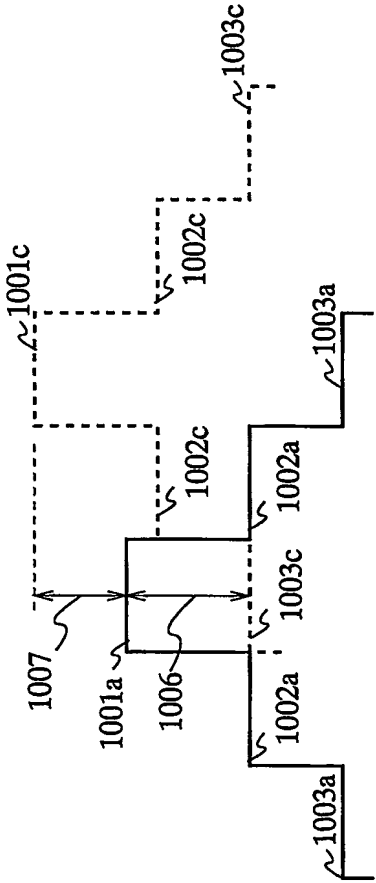


図 4 B



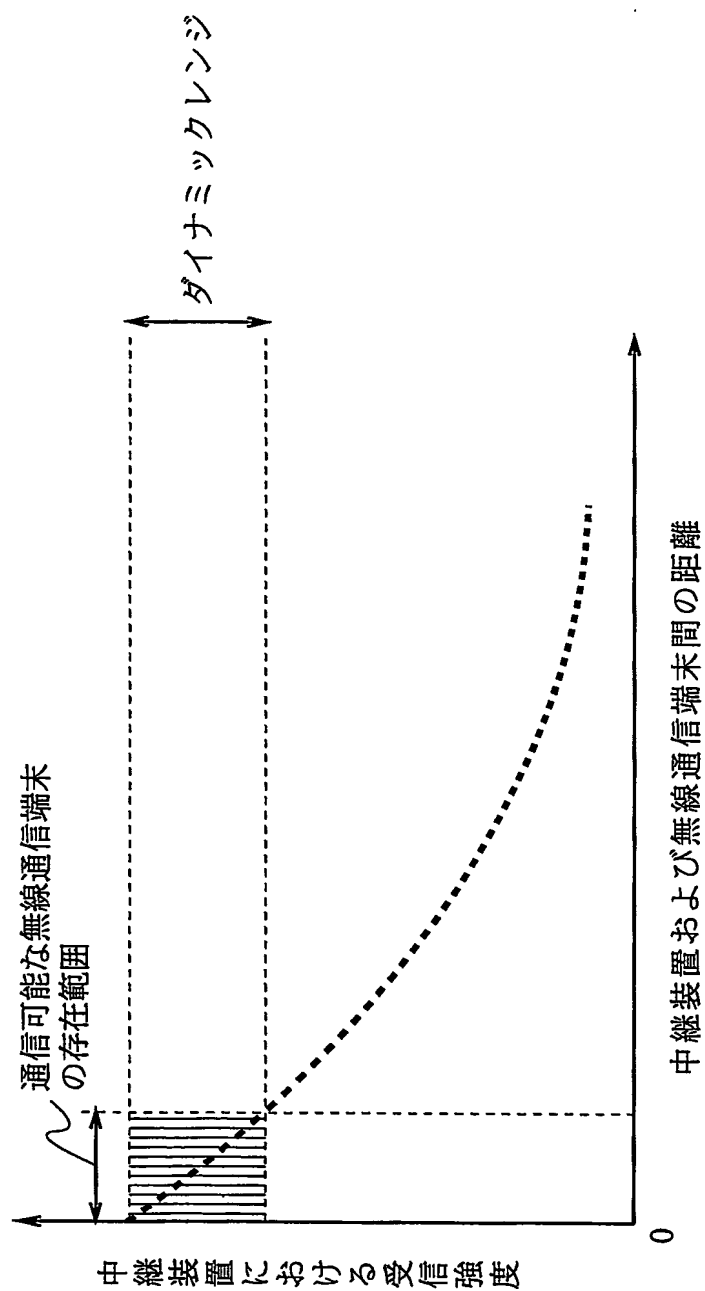


図 5

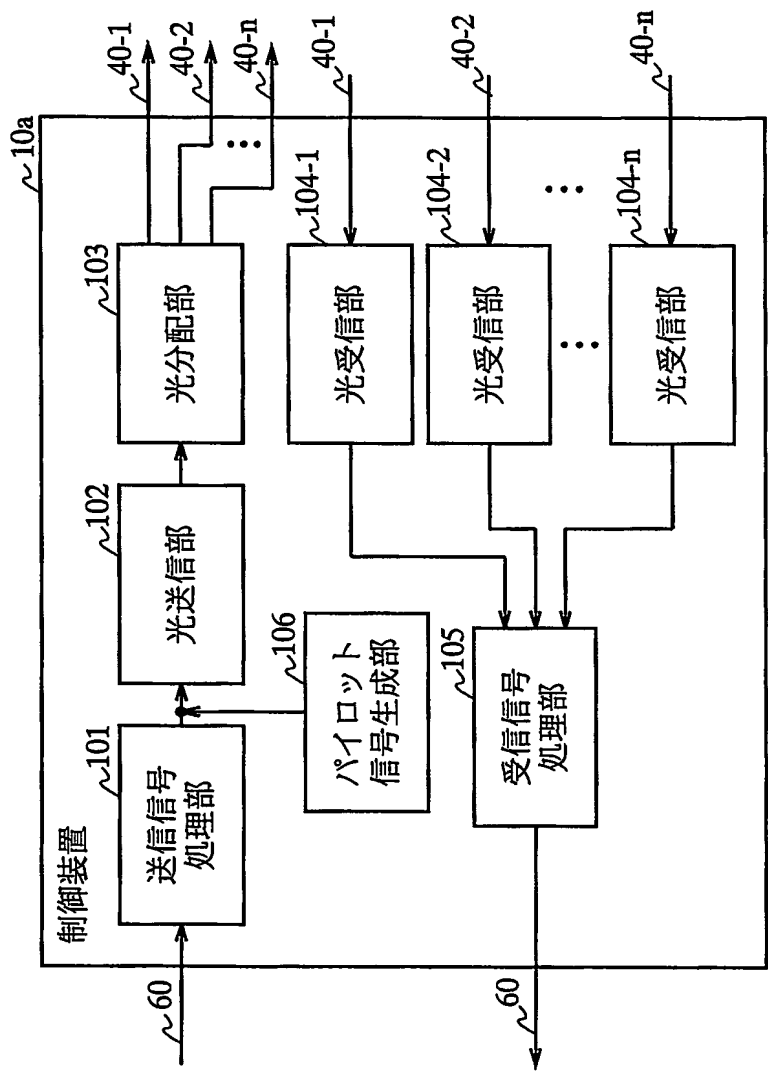


図 6

図 7

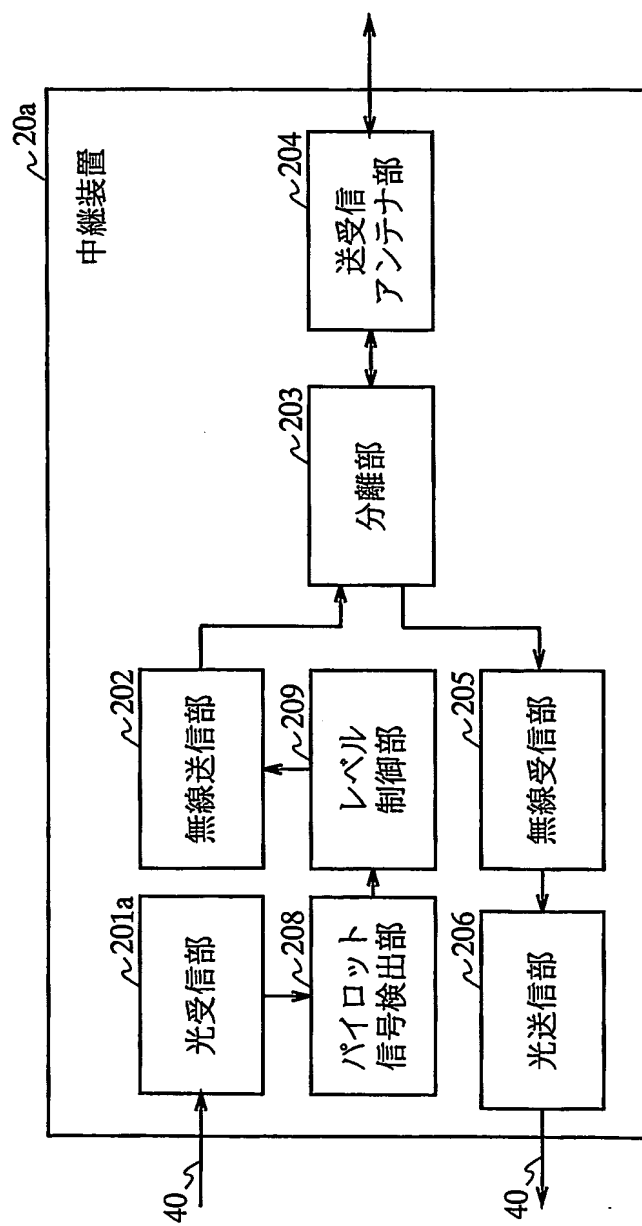


图 8

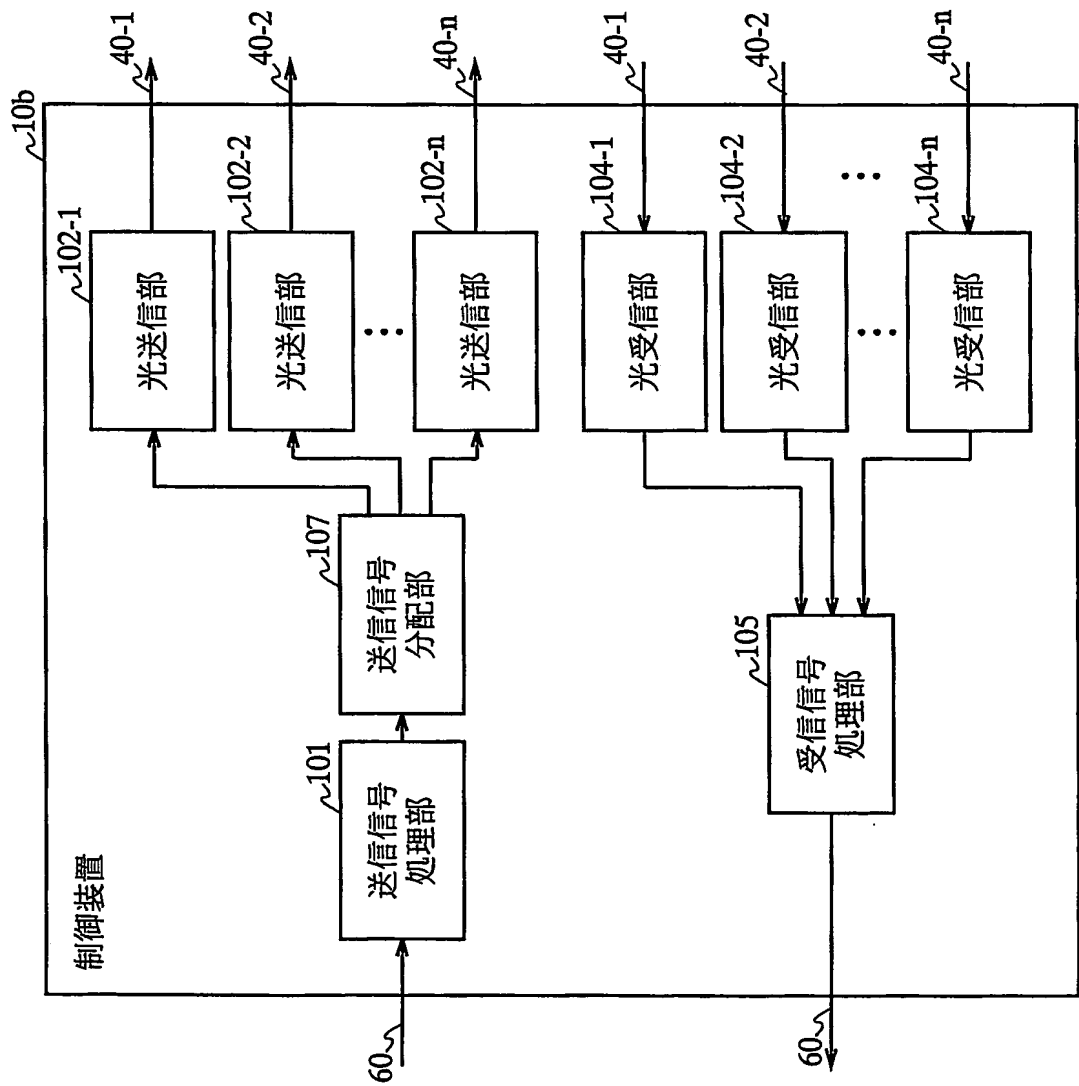
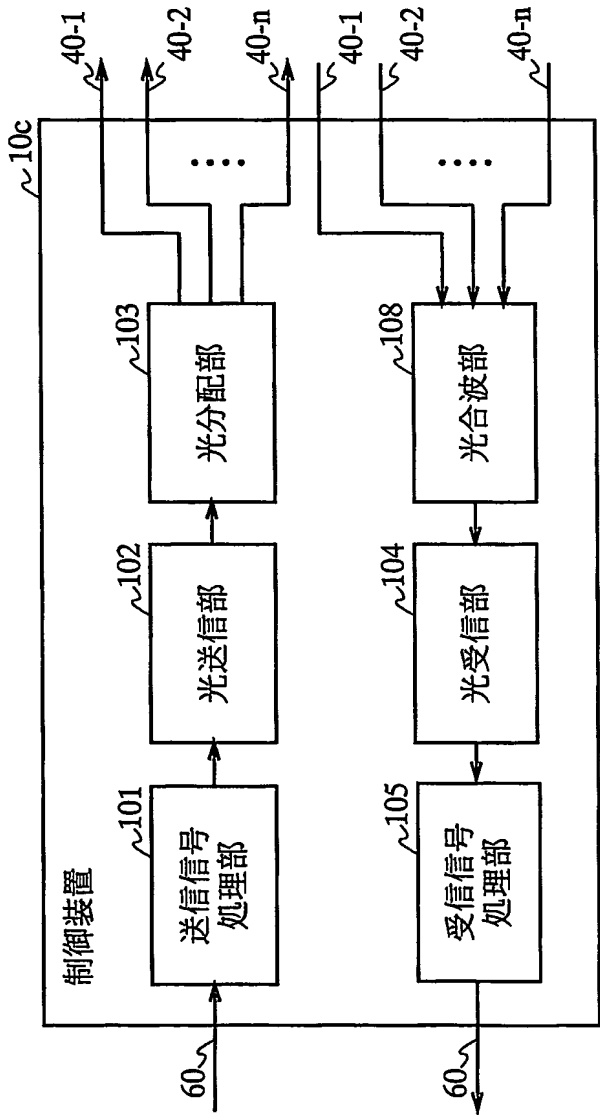


図 9



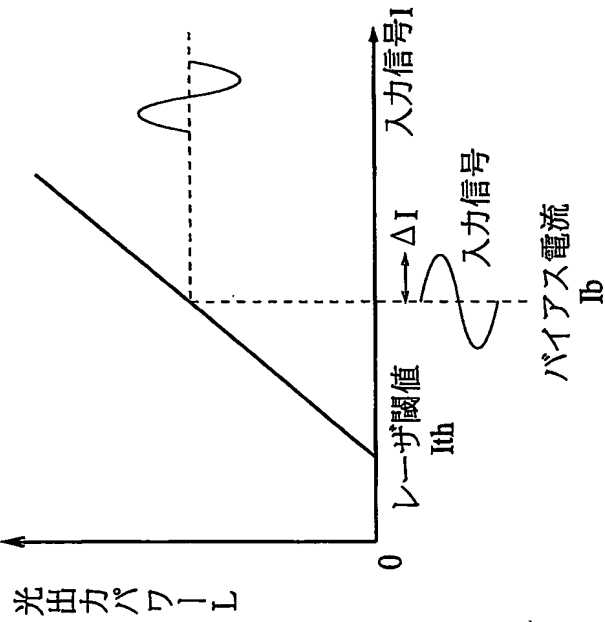
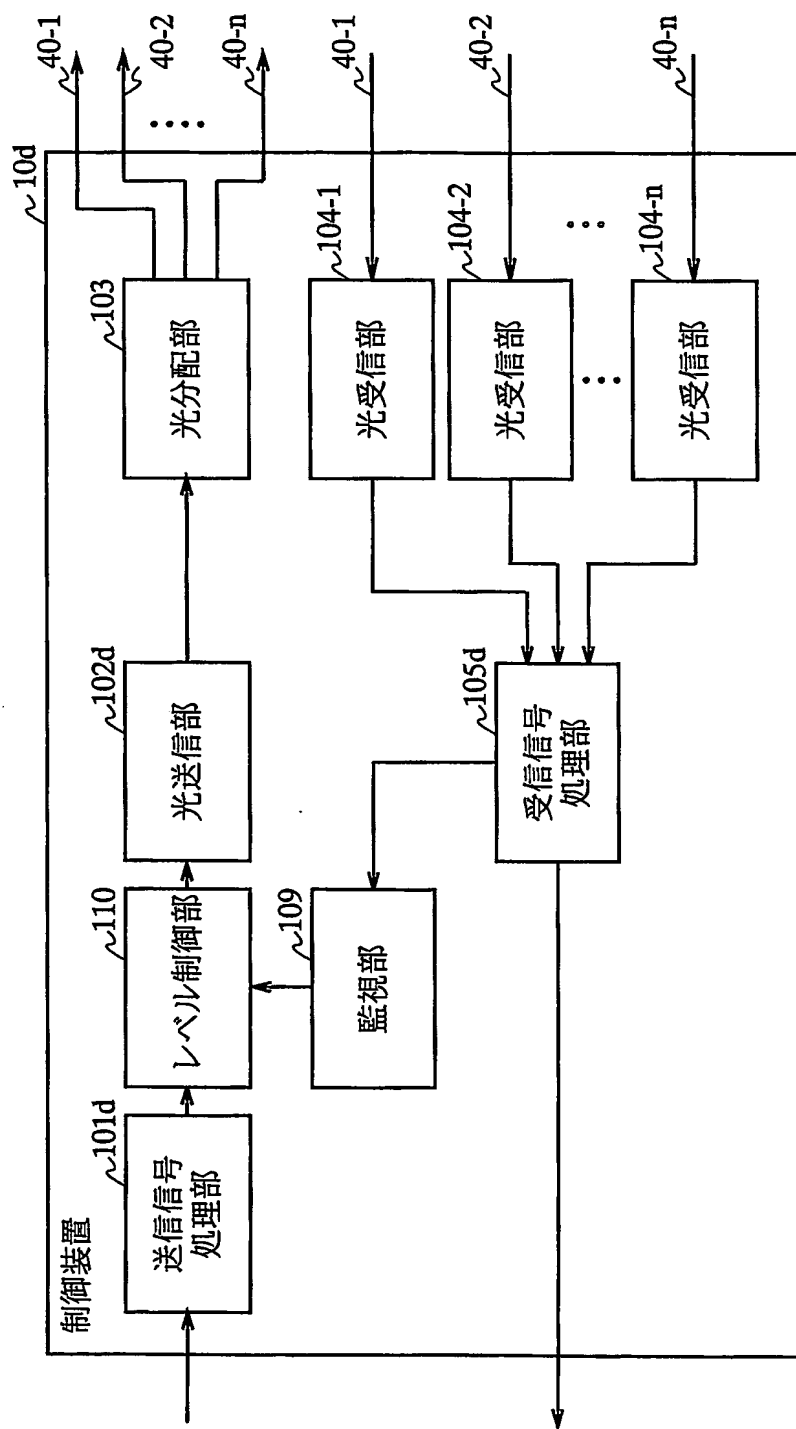


図 10

図 1 1



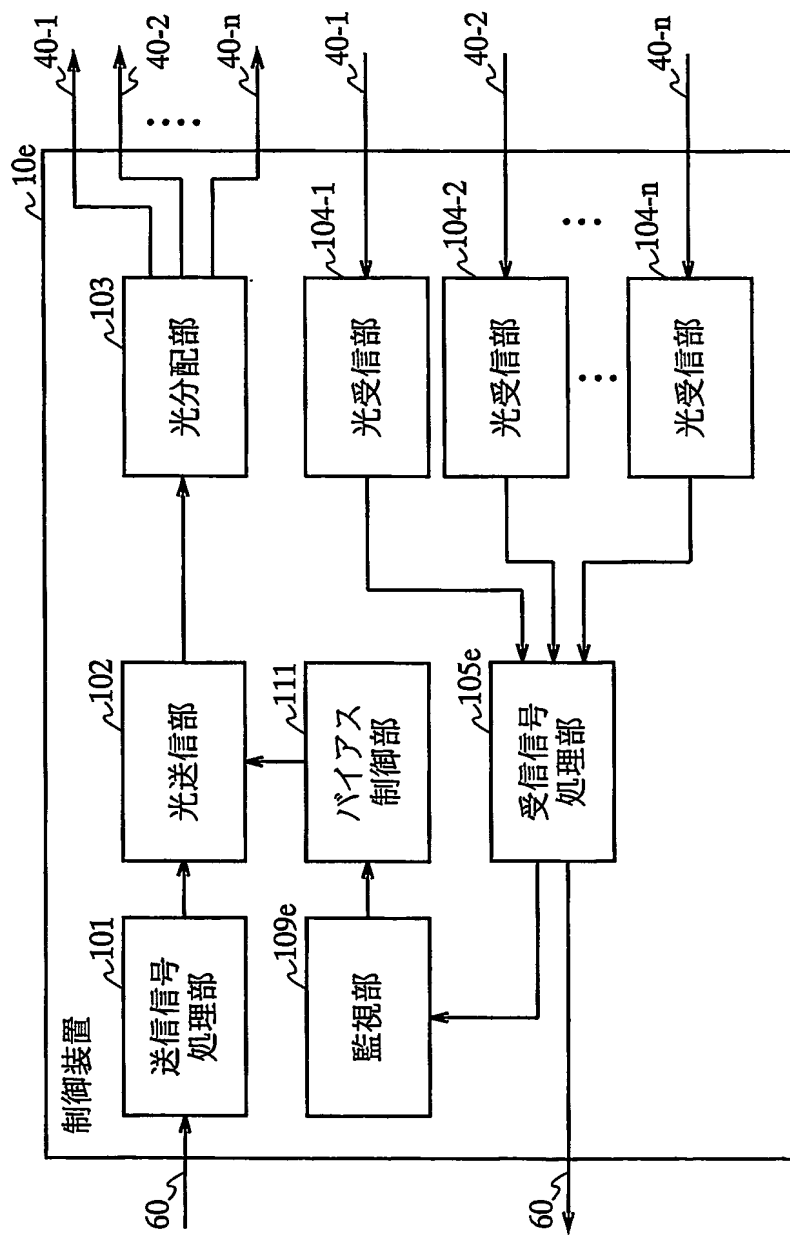


図12

図 13

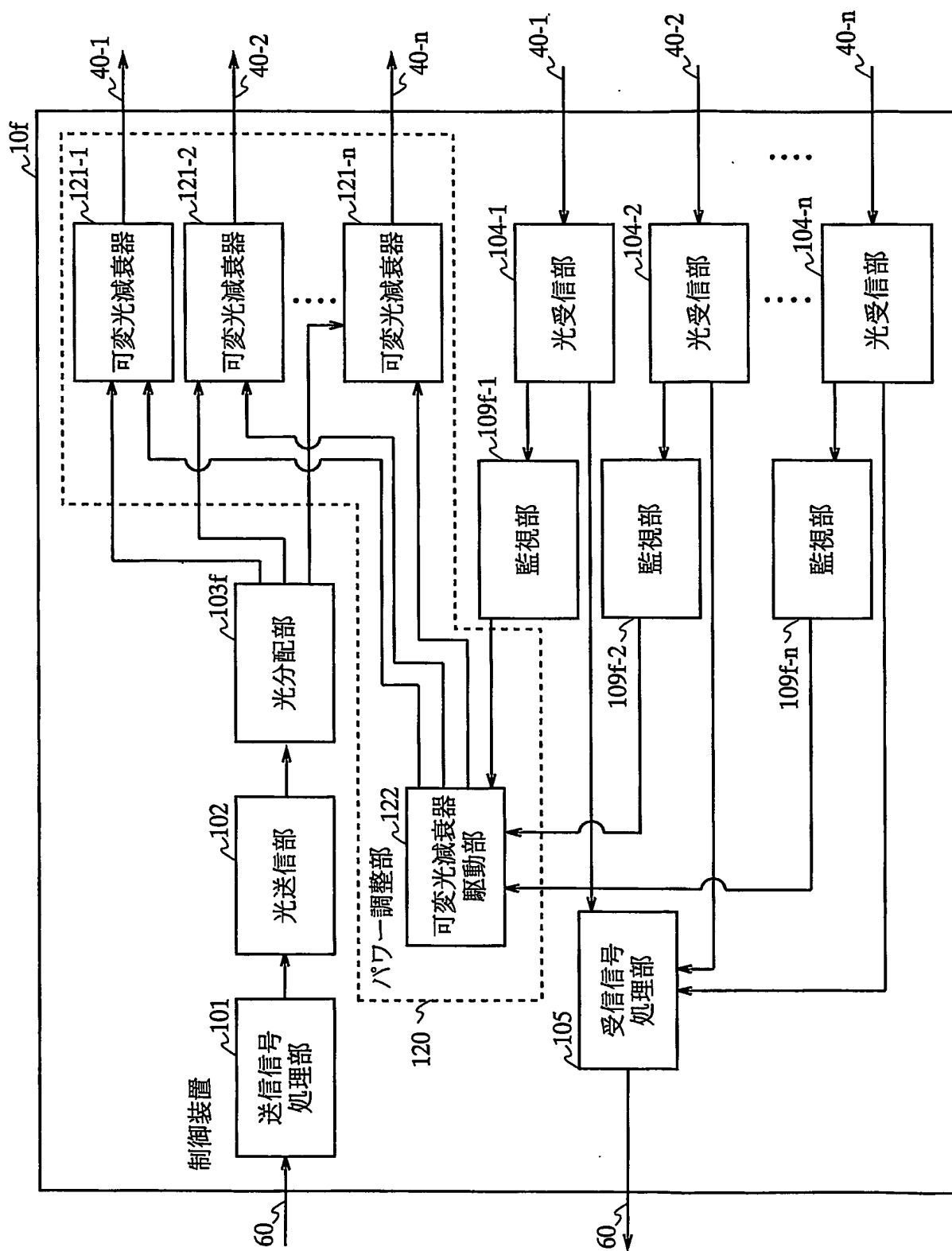


図14

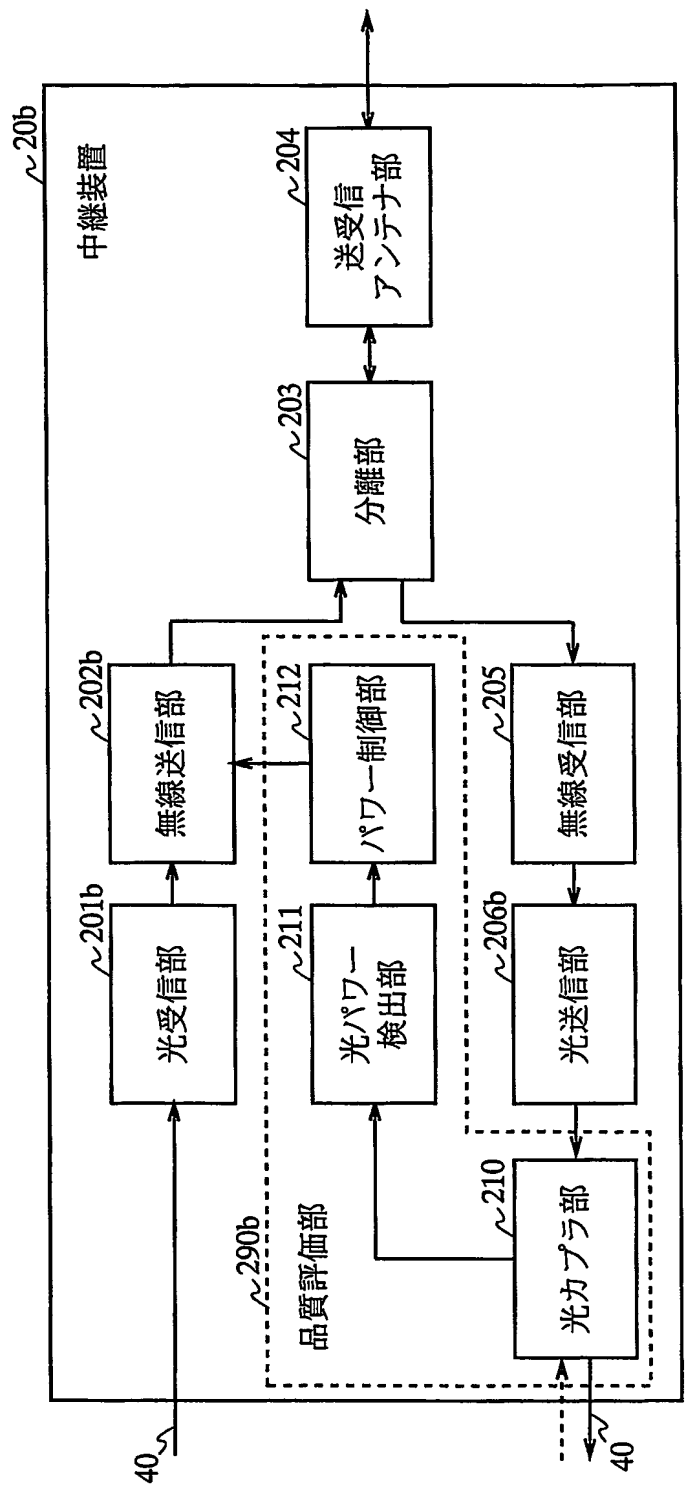


図 15

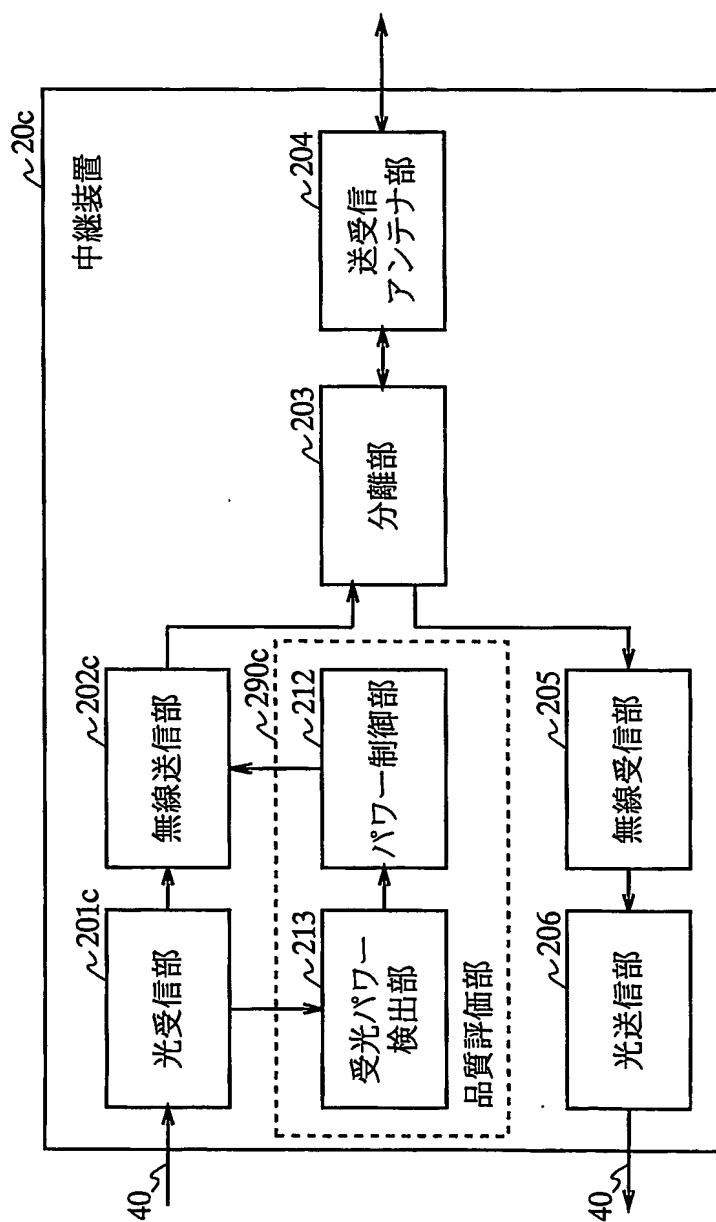


図 16

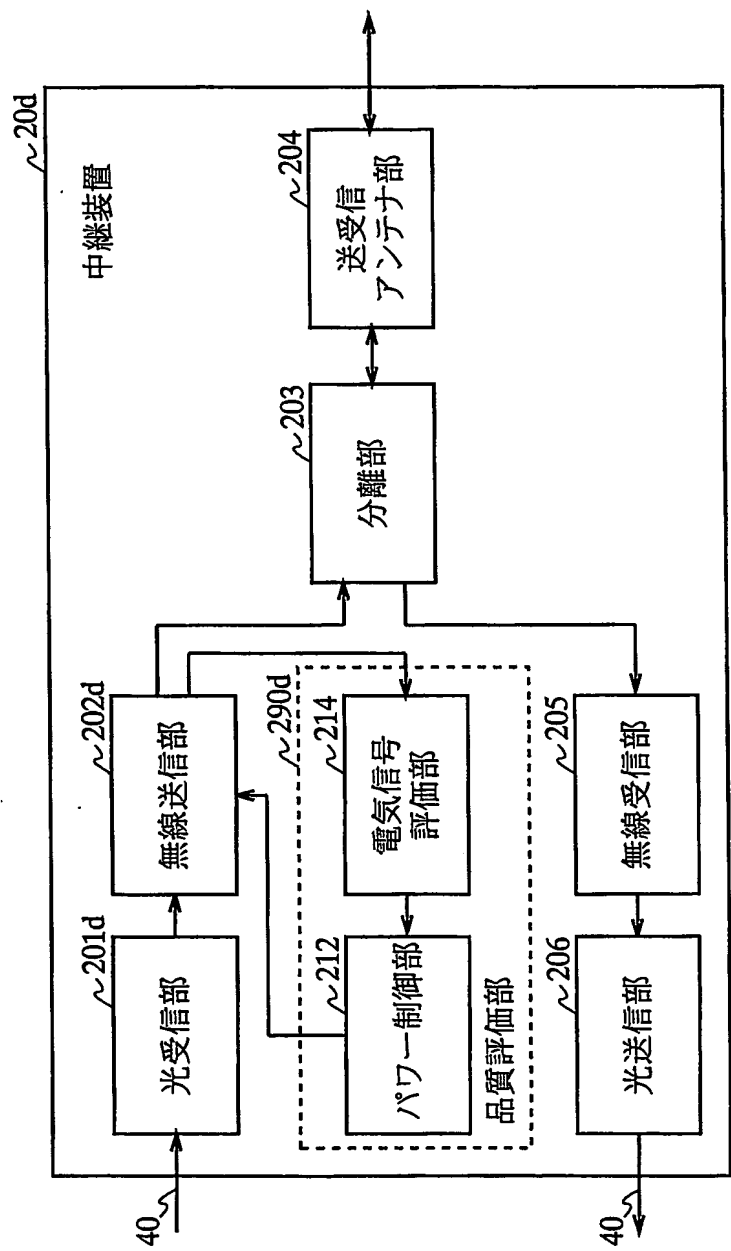
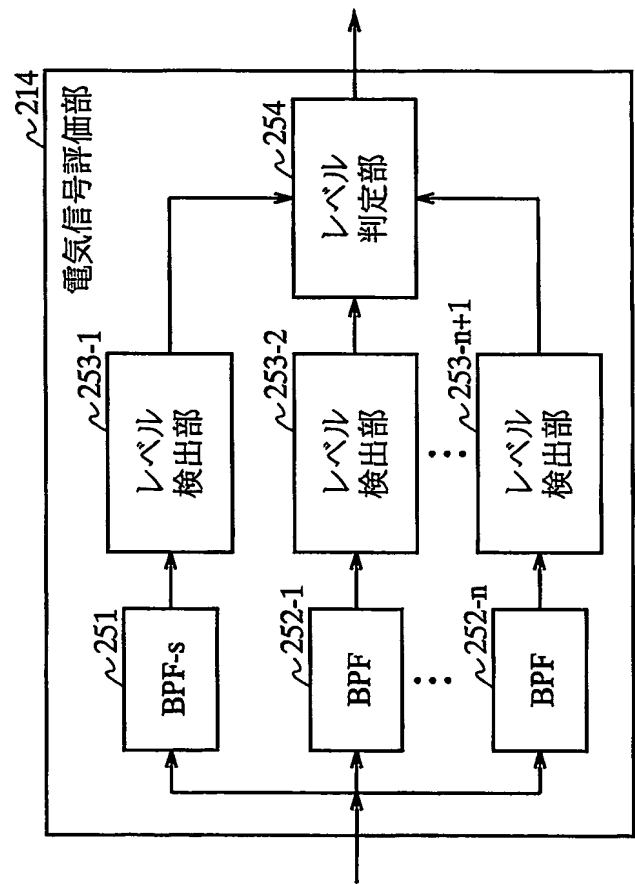


図 17



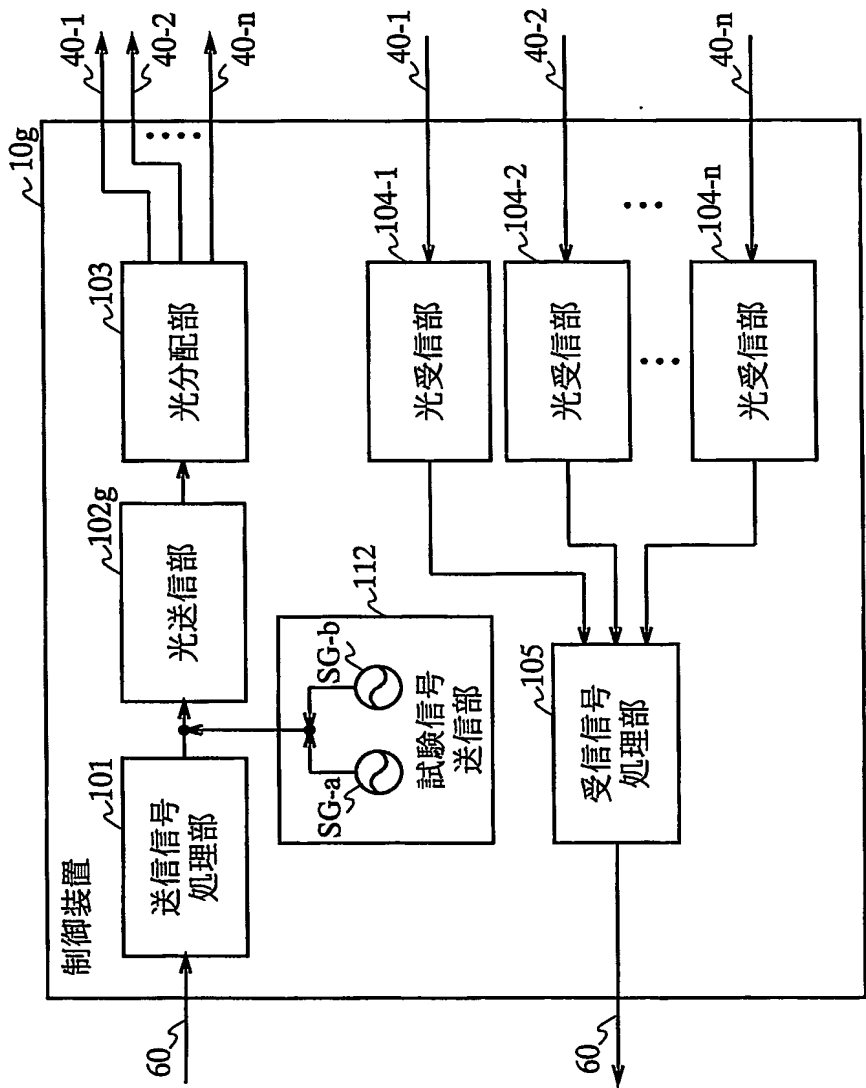


図 18

図 19

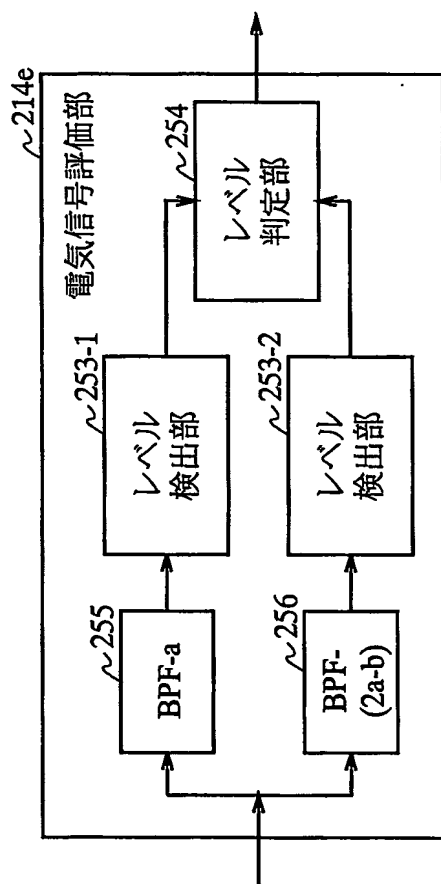


図 20

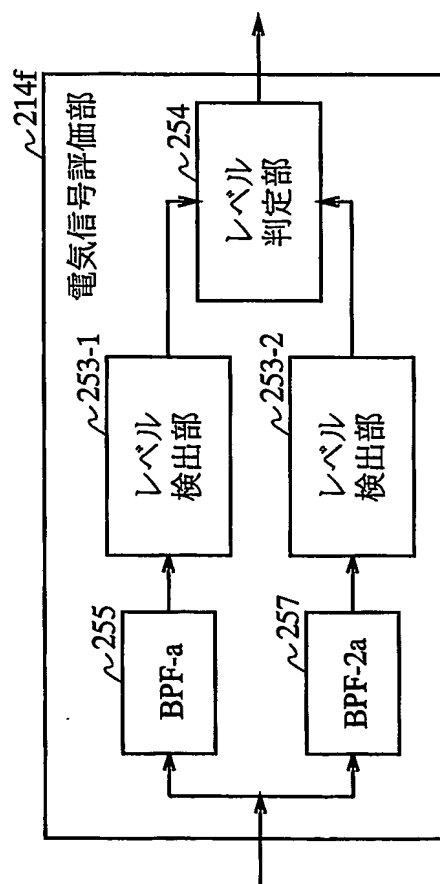
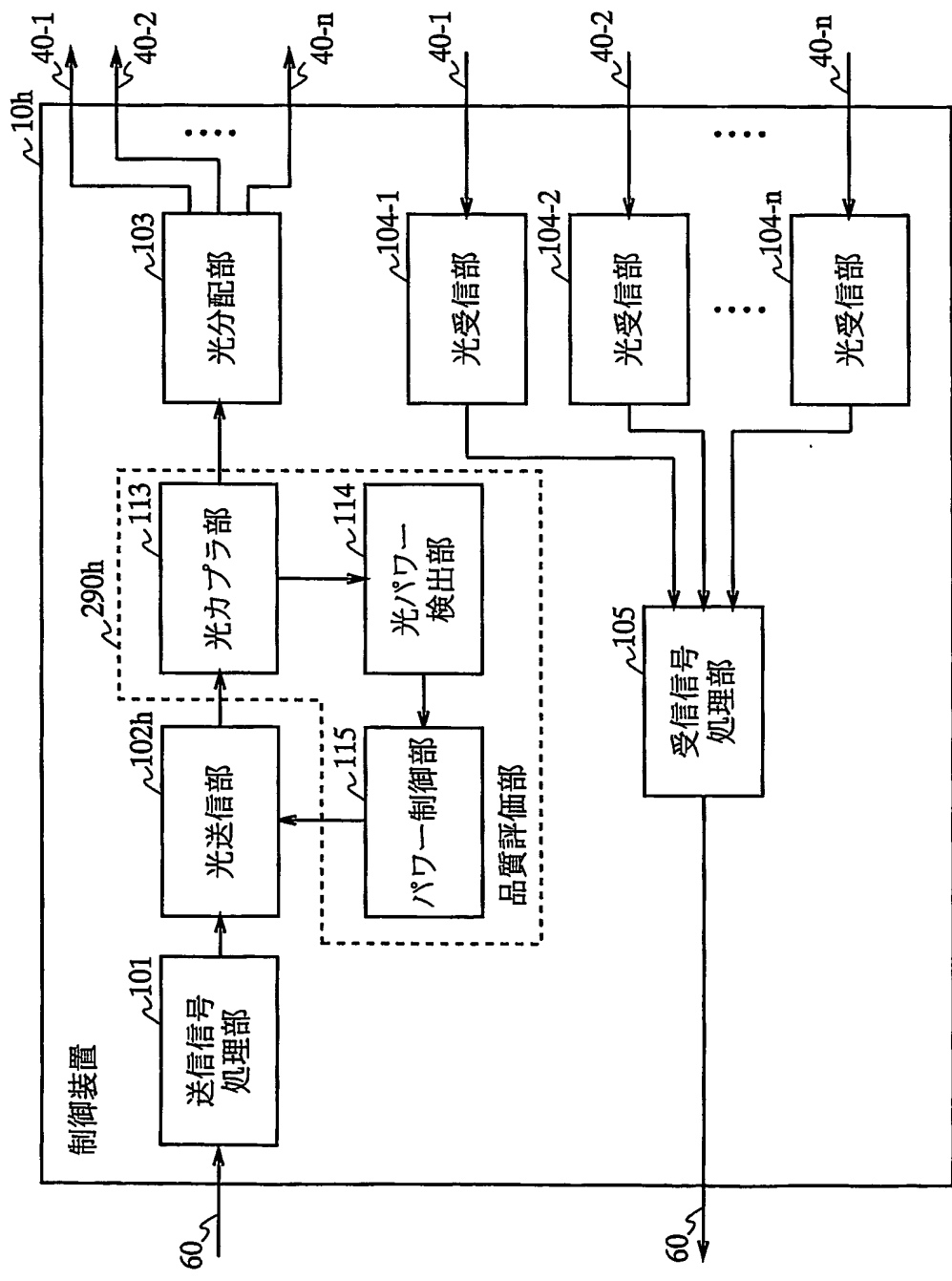
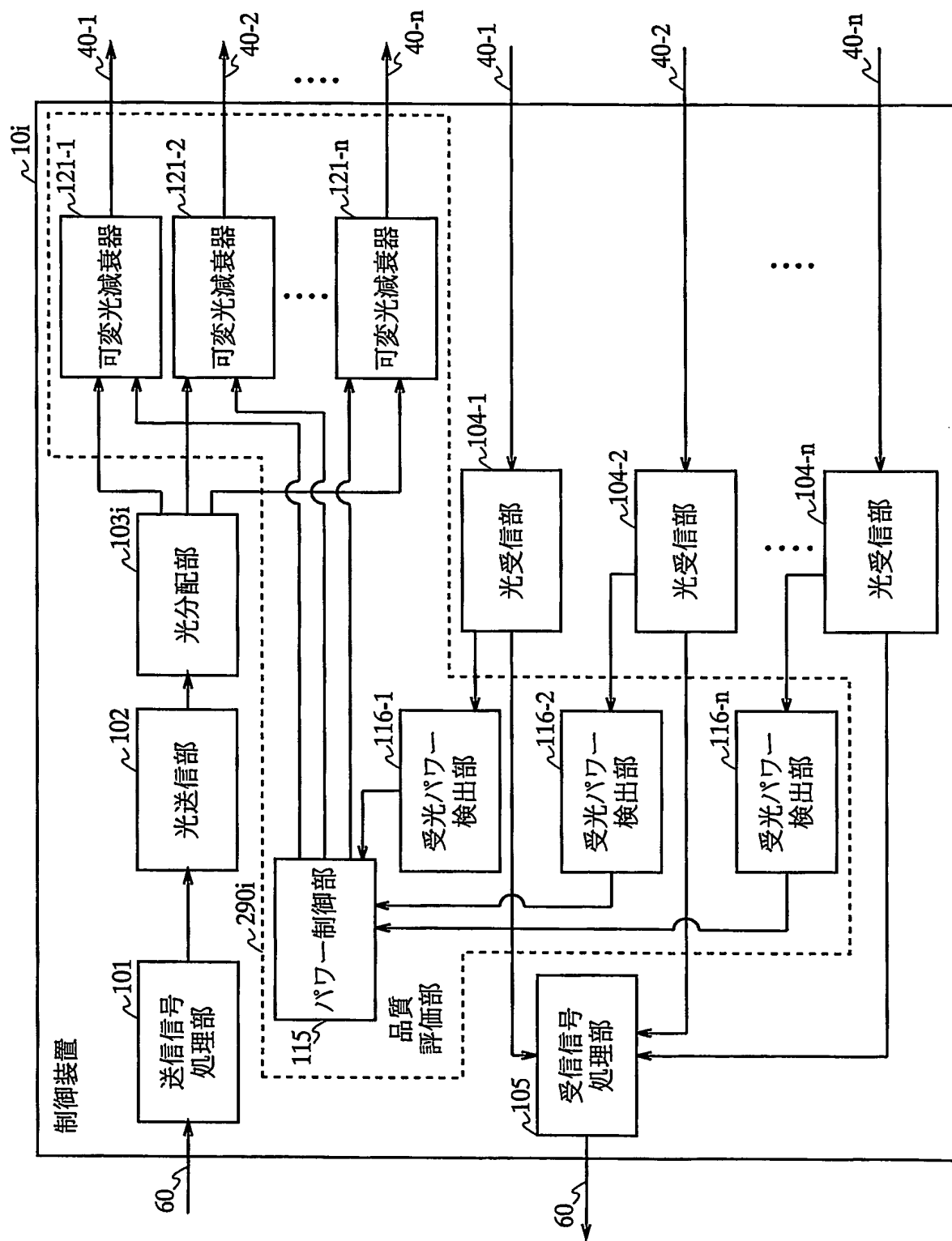


図 2 1



22



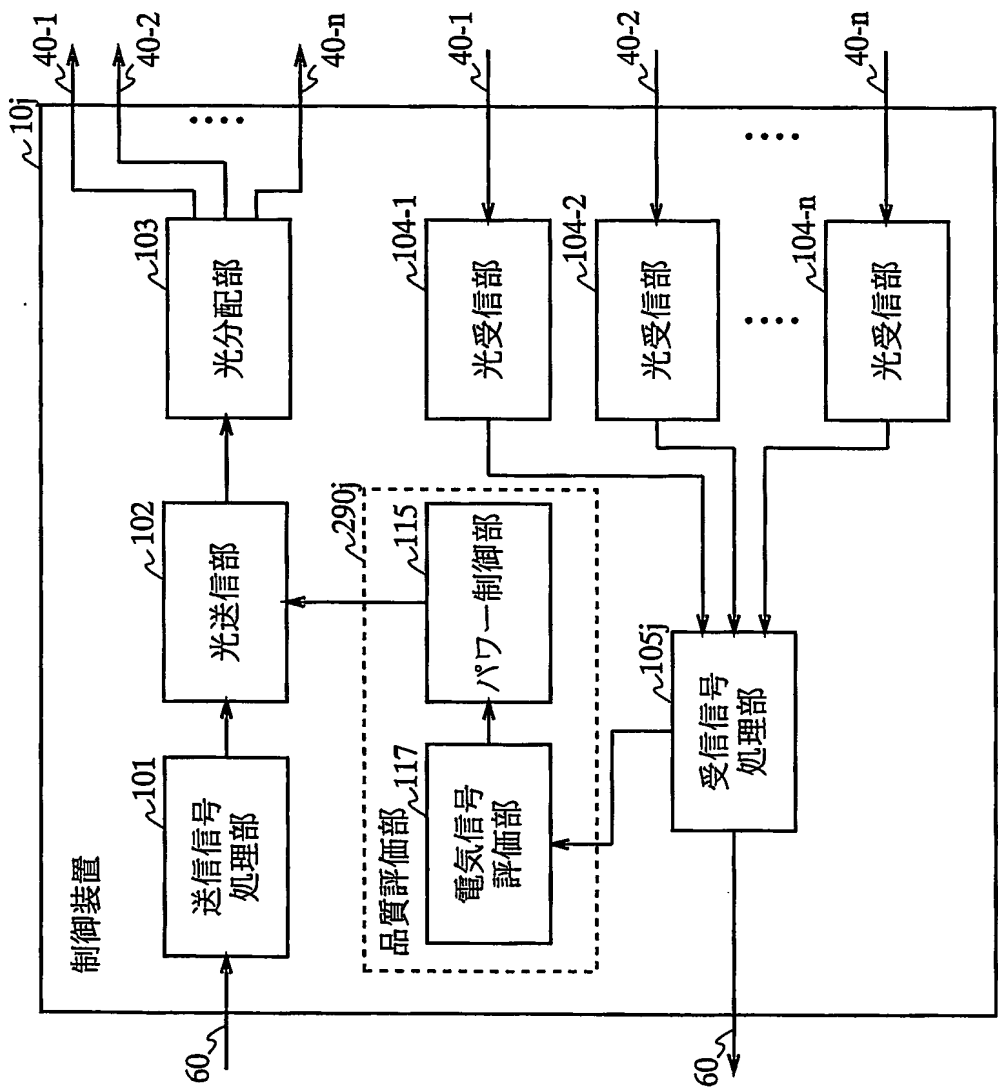


図 2 3

図 24

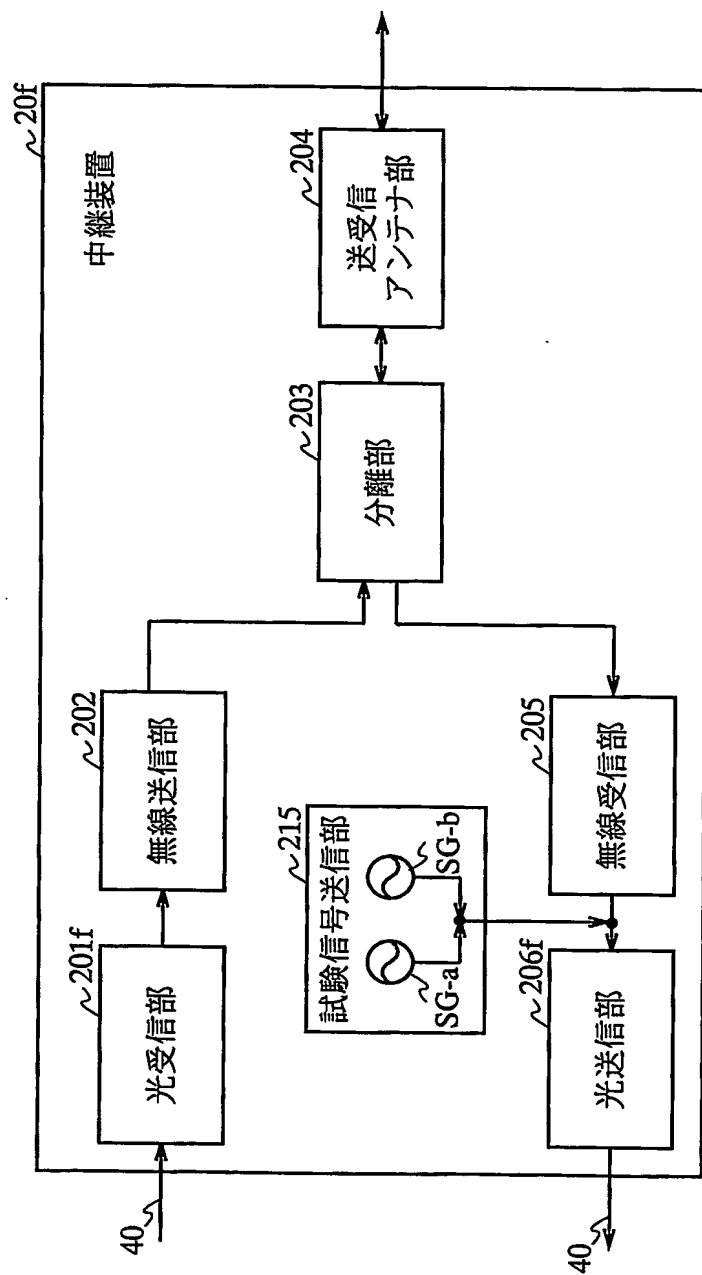


図 2 5

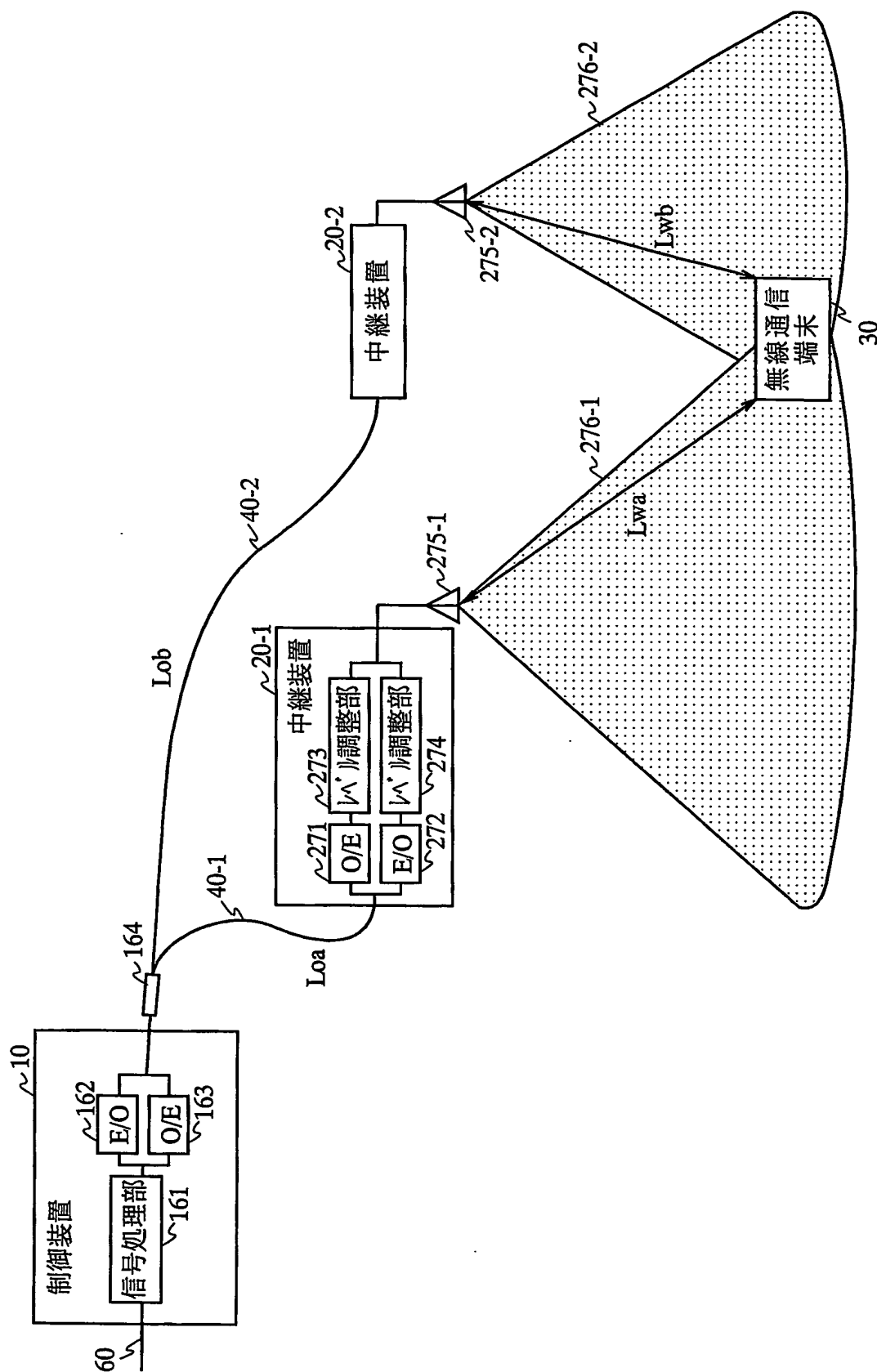


図 2 6

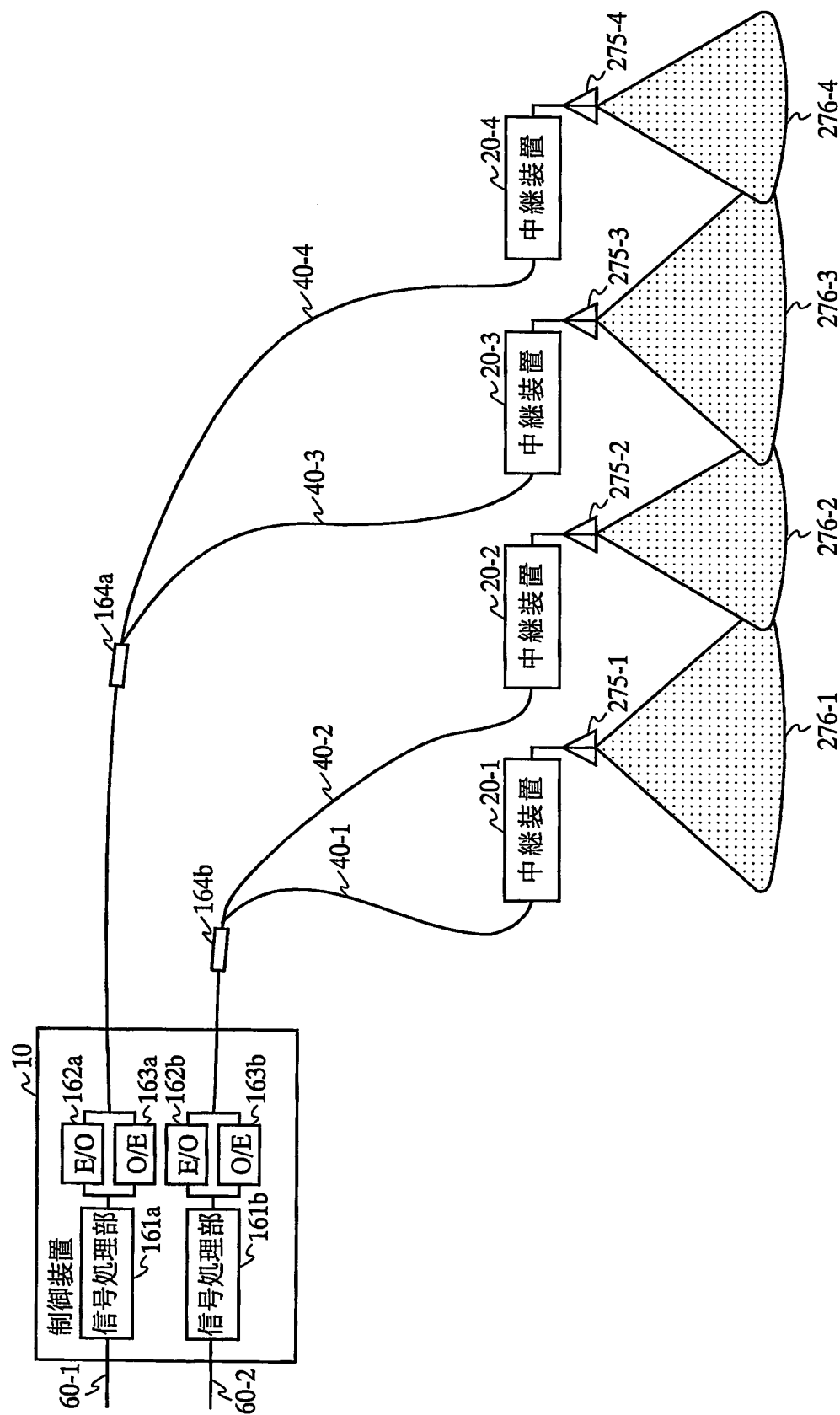


図 27

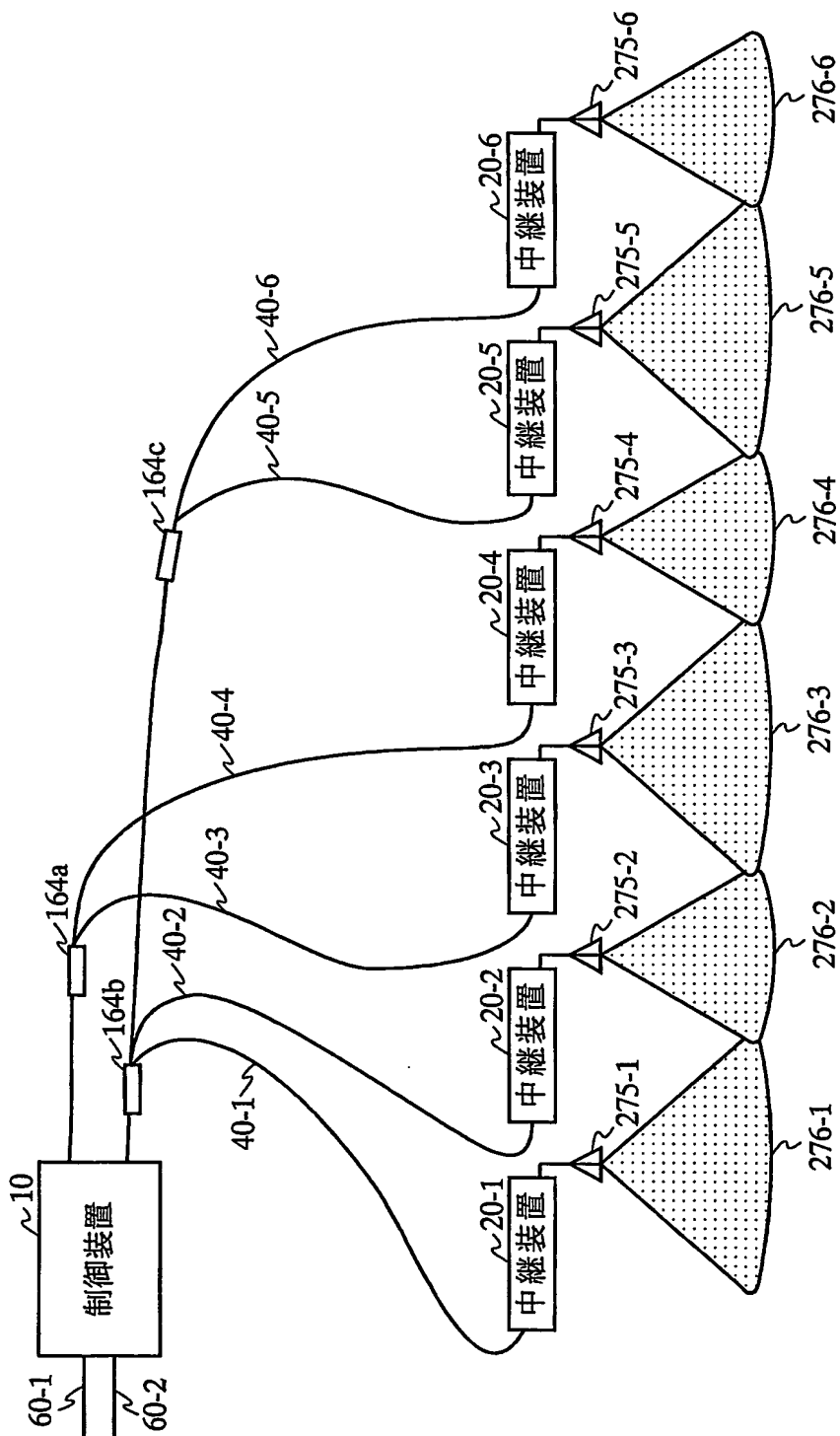


図 28

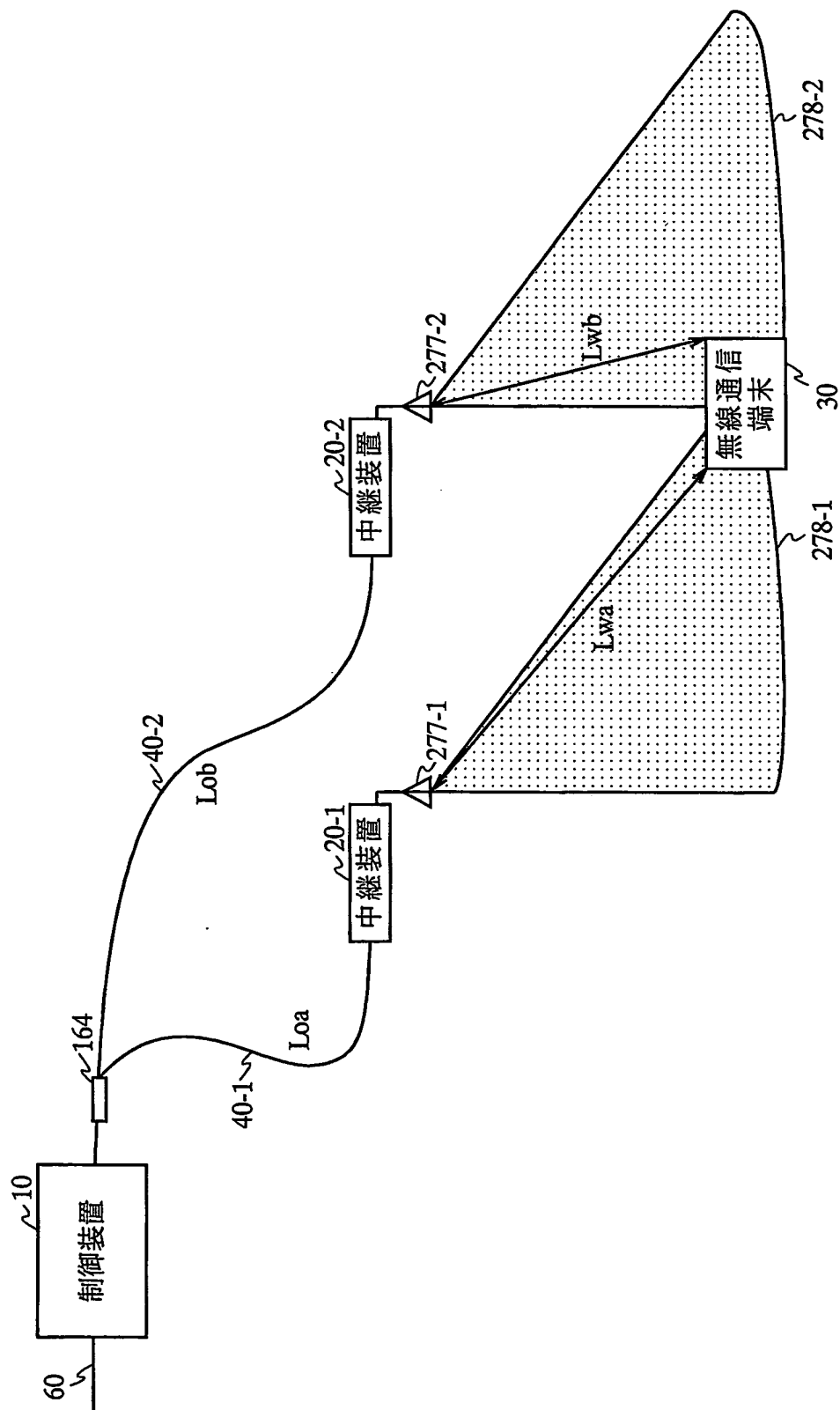


図 29

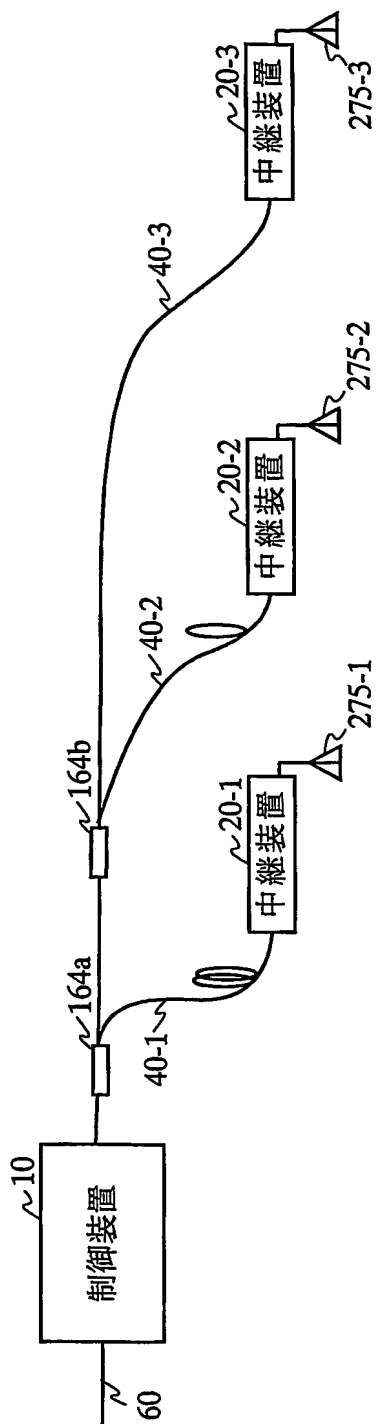


図 30

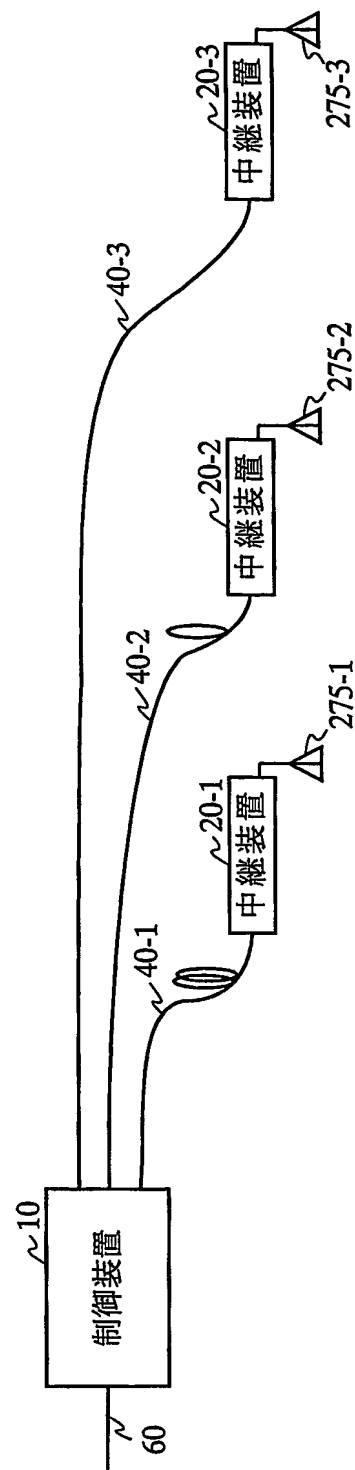


図 3 1

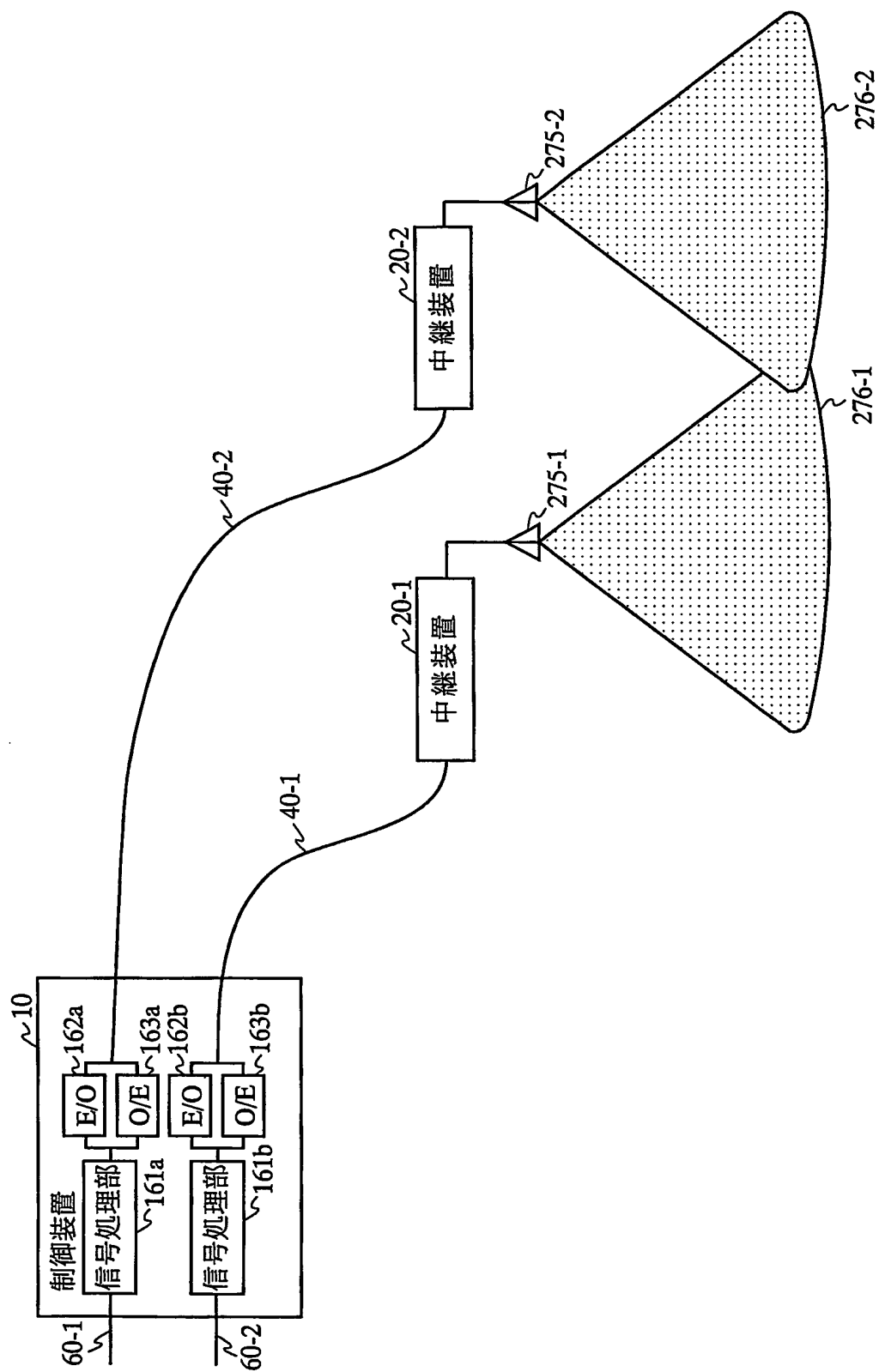


图 3 2

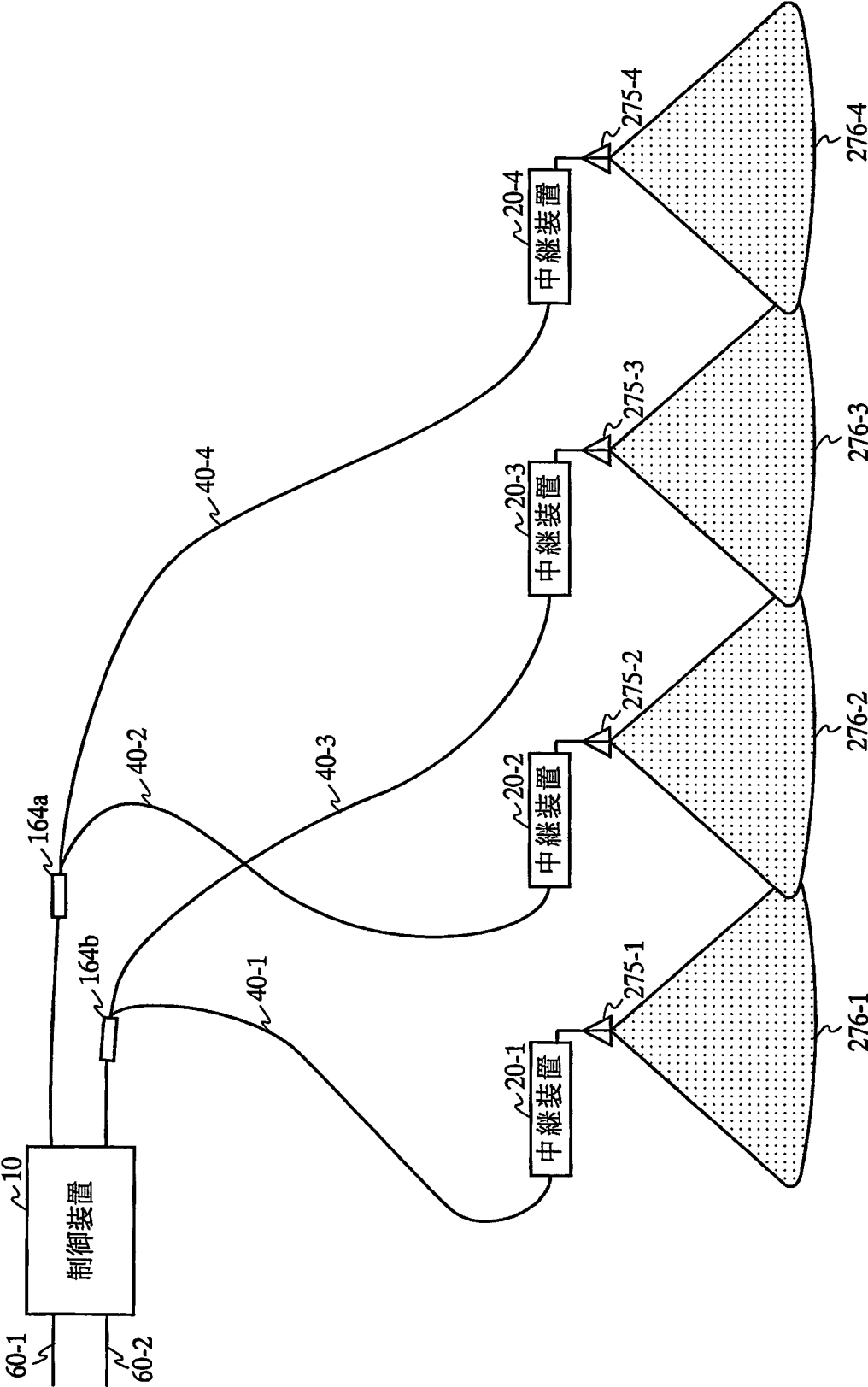
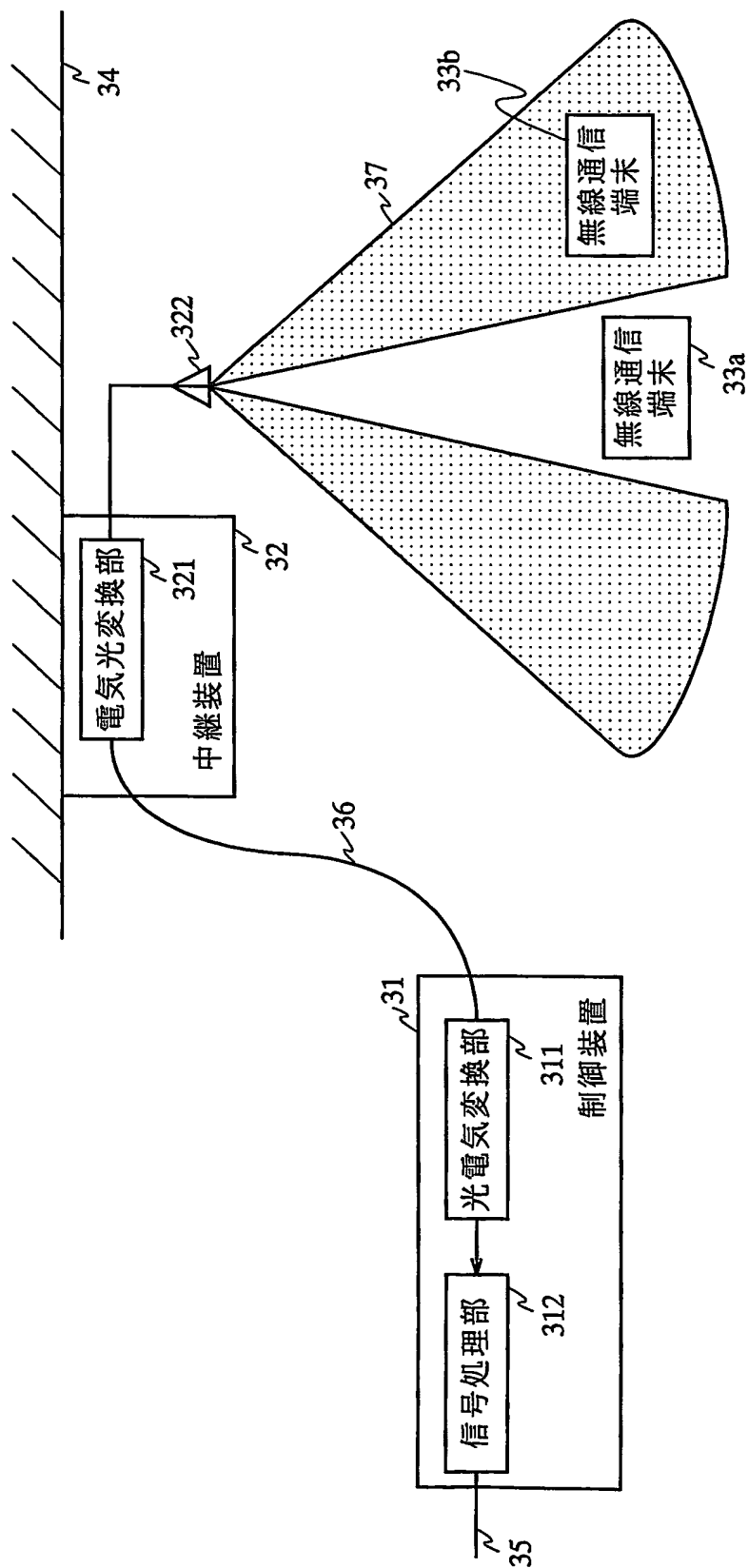


図 33



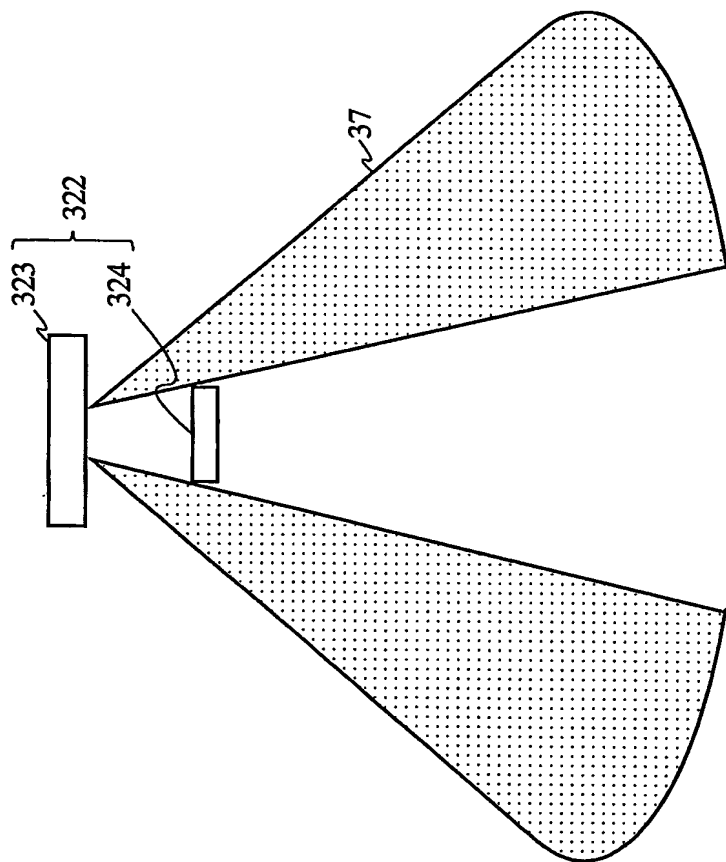


図 34

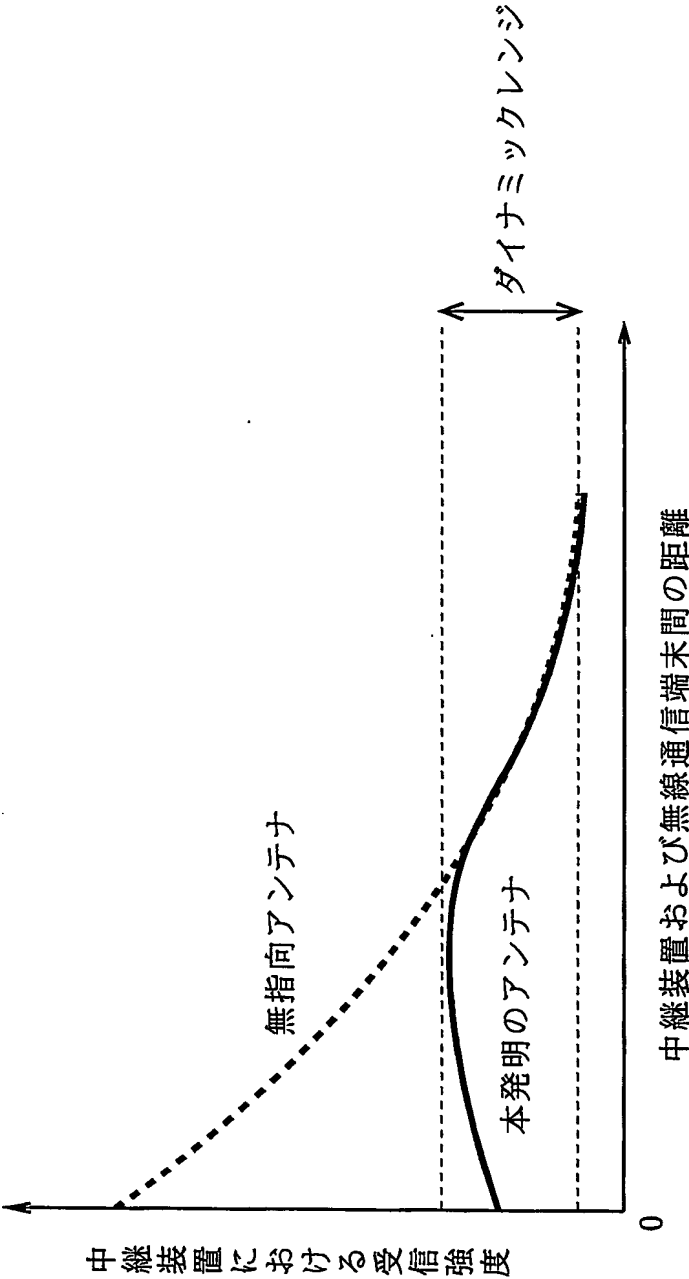


図 3 5

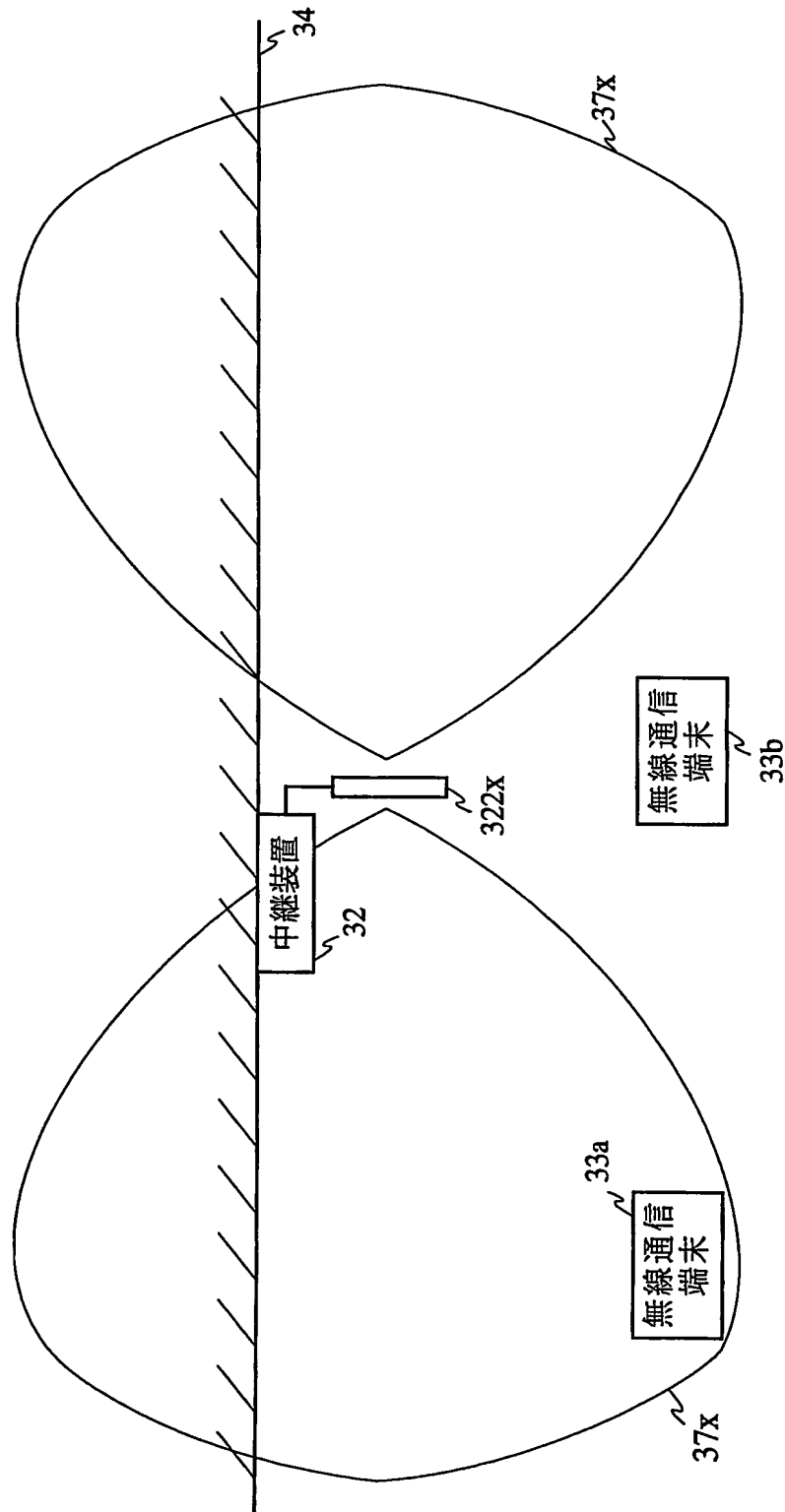
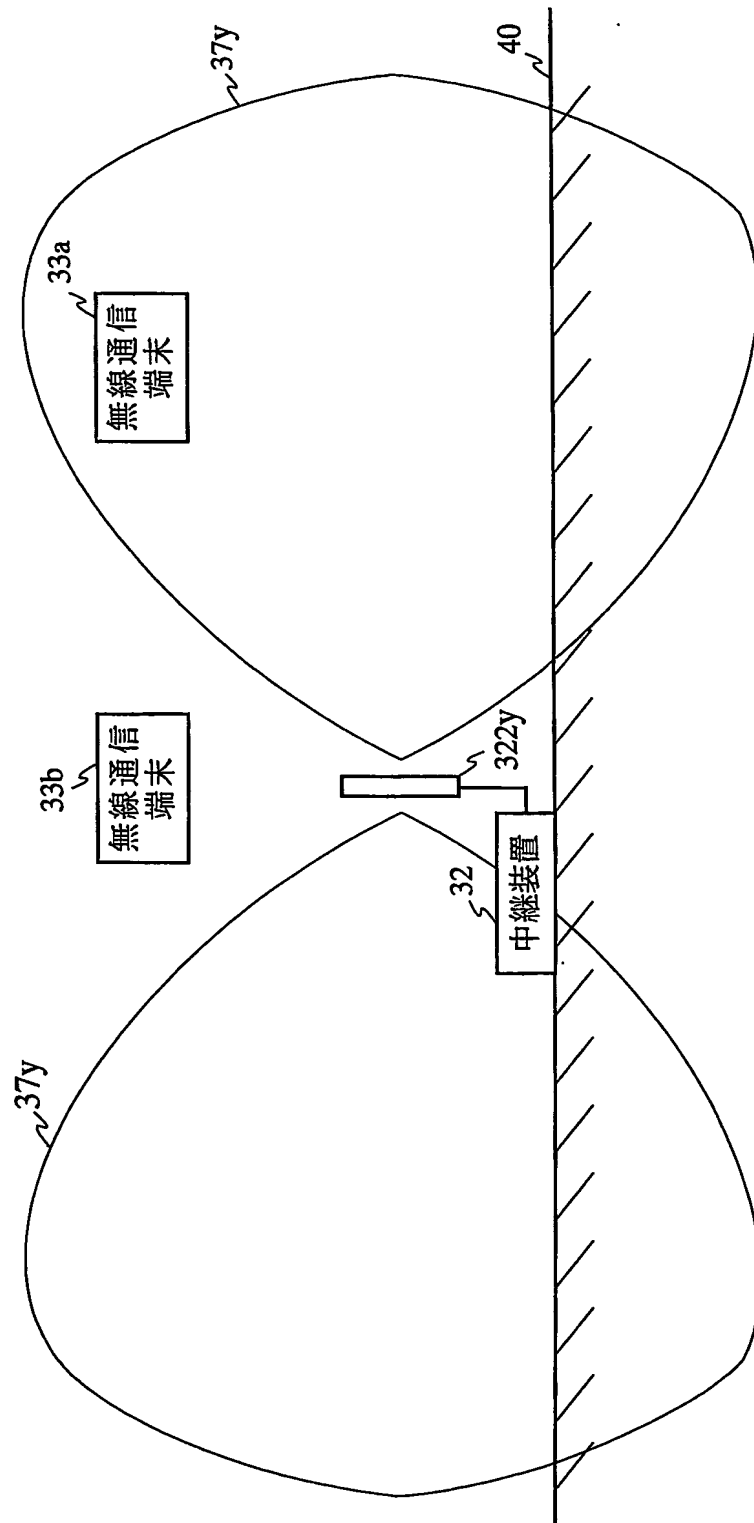


図 3 6

図 37



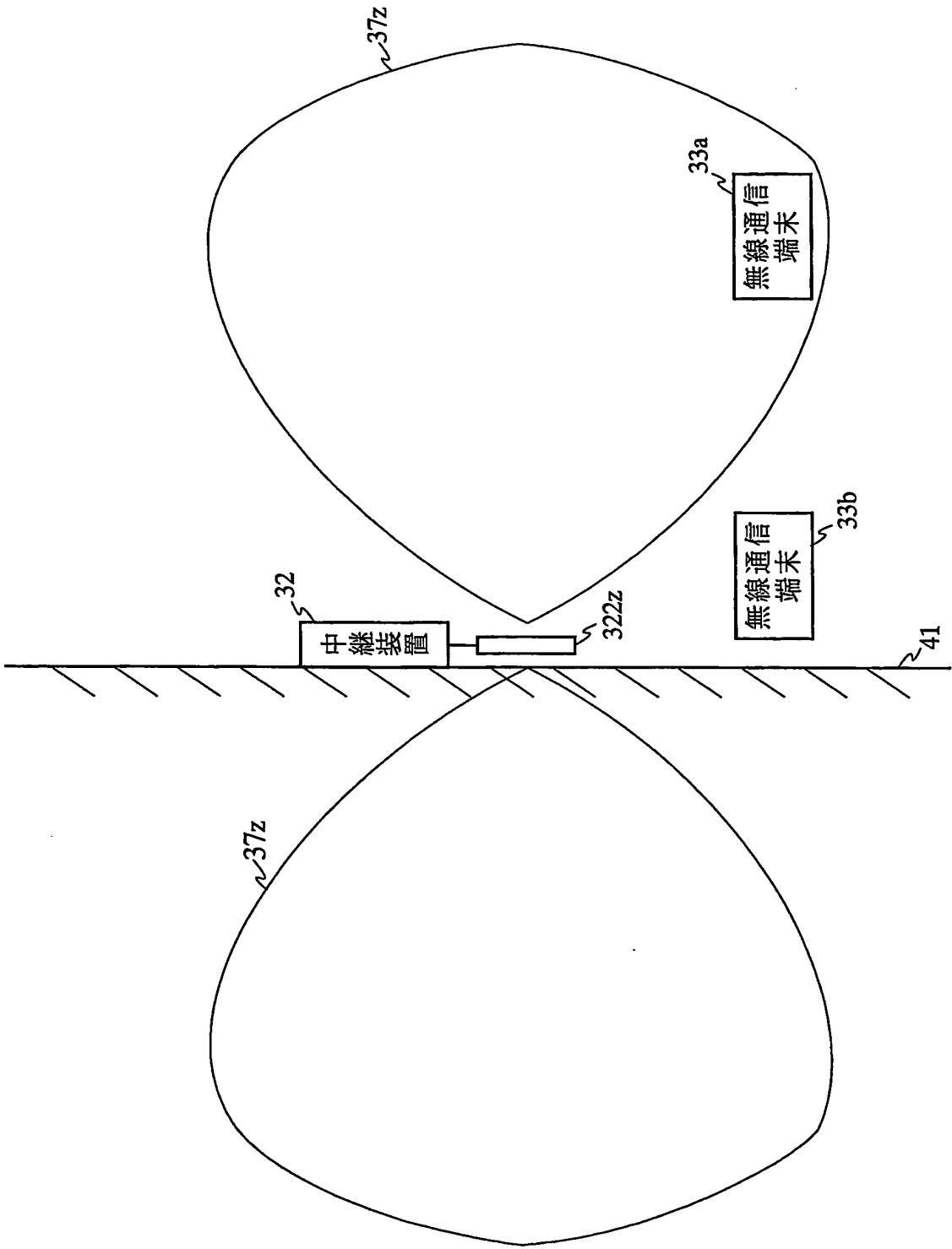


図 38

図 39

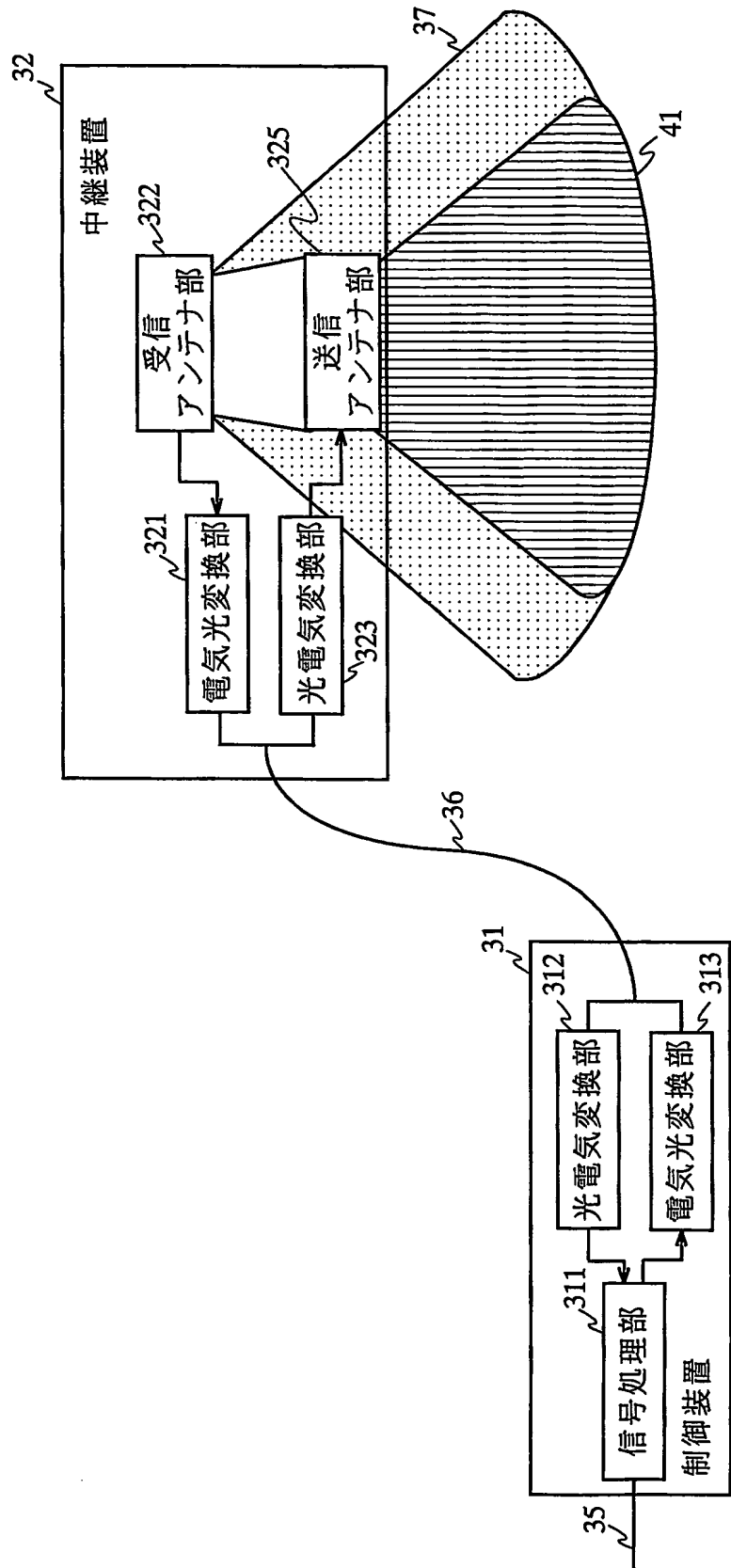
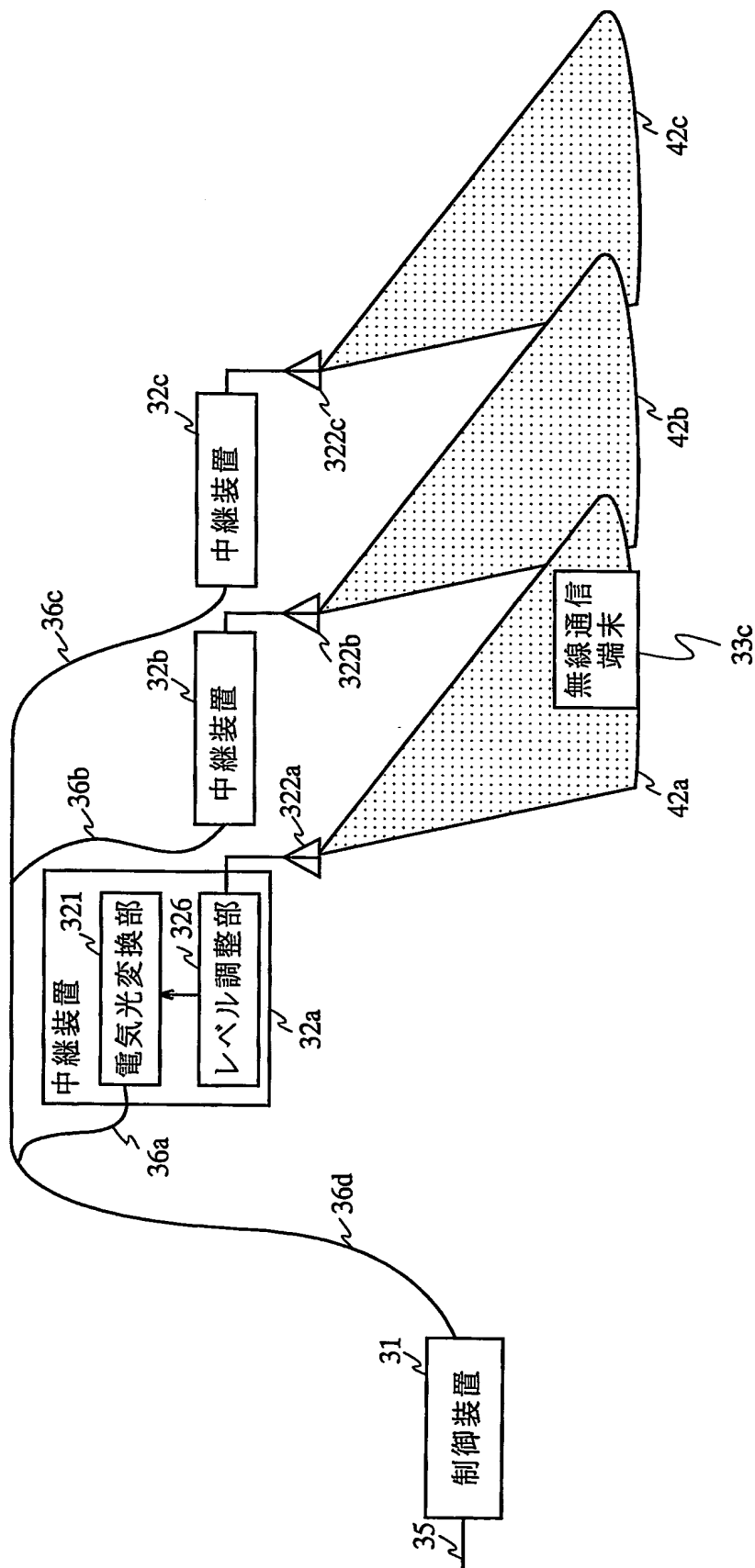
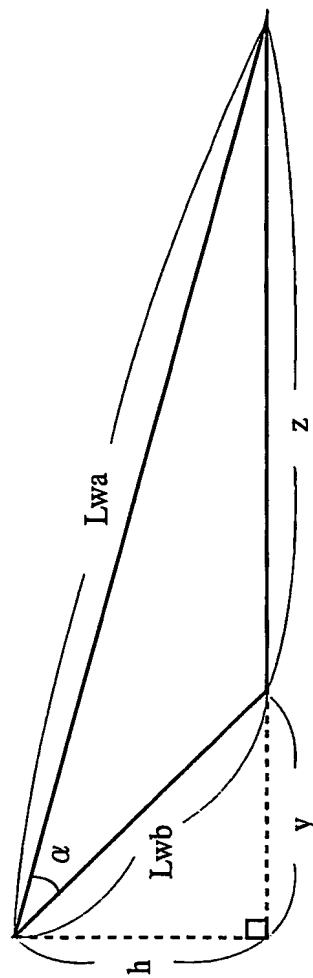
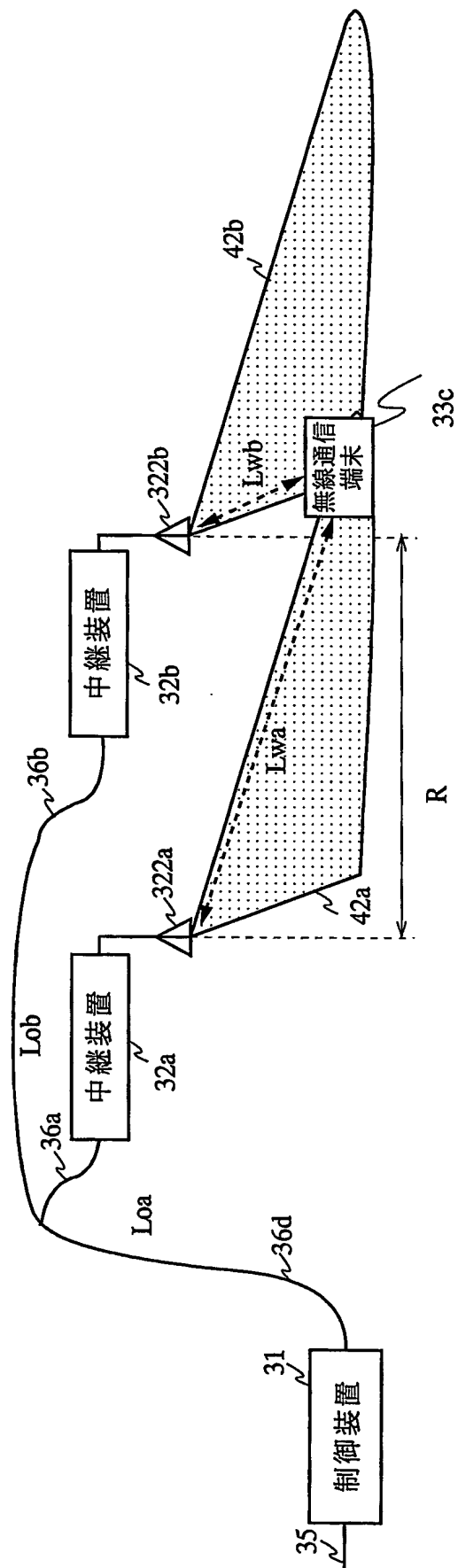
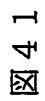


図 40





242

図 4 3

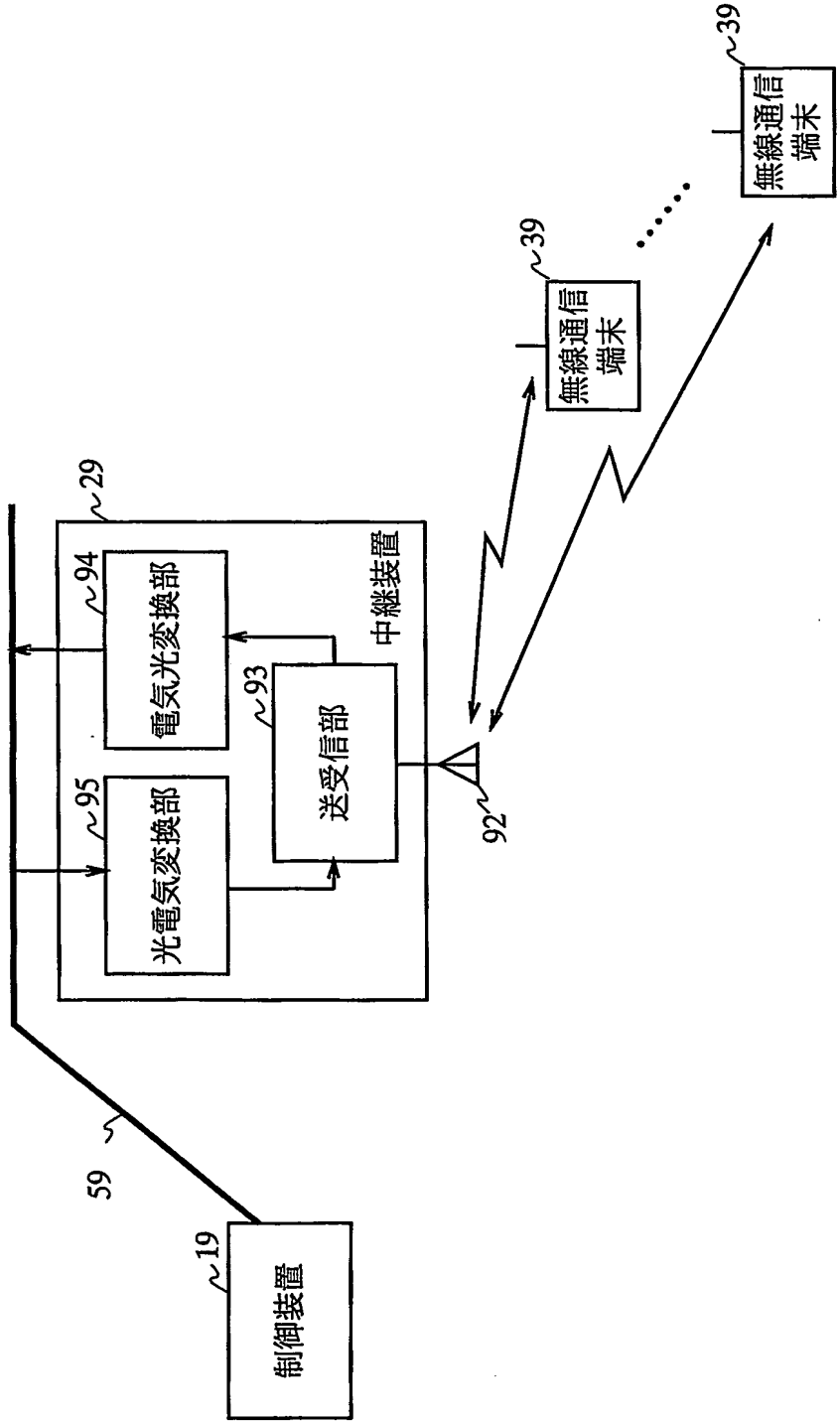


図 4 4

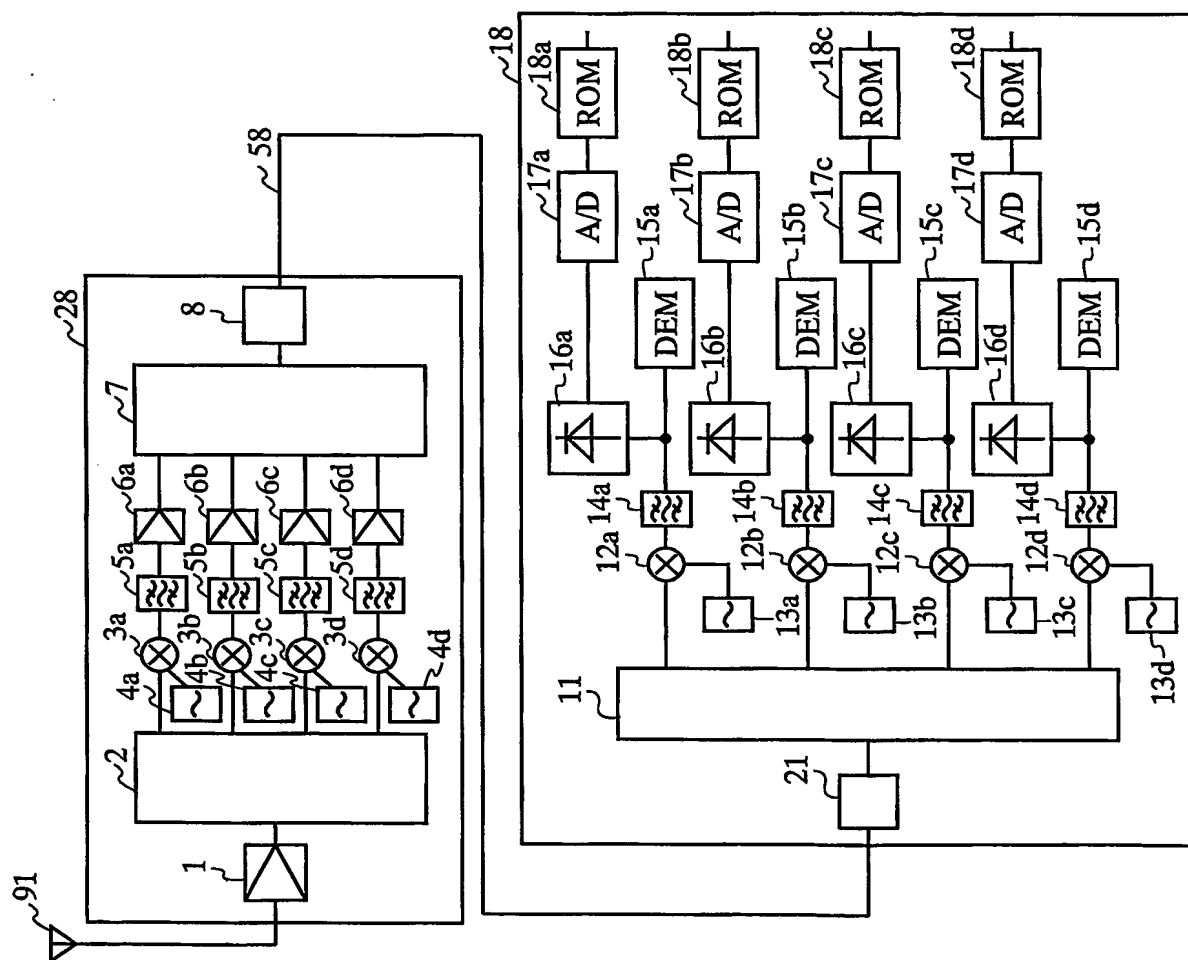


図 4 5

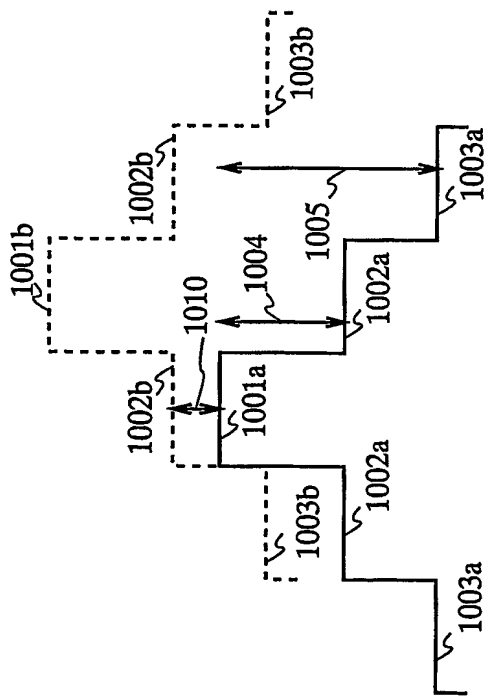
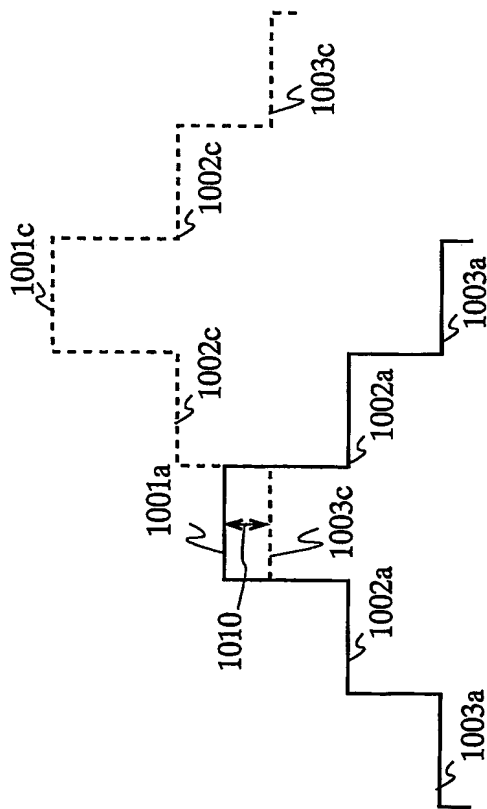


図 4 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010779

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04Q7/36, H04L12/28, H04B10/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04B7/24-7/26, H04Q7/00-7/38, H04B10/00-10/30, H04L12/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 9-064815 A (NEC Corp.), 07 March, 1997 (07.03.97), Full text; all drawings (Family: none)	1 2, 15-33
X Y	JP 8-018616 A (NEC Corp.), 19 January, 1996 (19.01.96), Full text; all drawings (Family: none)	1 2, 15-33
X Y	JP 2001-045042 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 16 February, 2001 (16.02.01), Par. Nos. [0018] to [0021], [0211] to [0258]; Figs. 1, 7 (Family: none)	1 2, 15-33

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 October, 2004 (26.10.04)

Date of mailing of the international search report
16 November, 2004 (16.11.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010779

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-059849 A (Nokia Mobile Phones Ltd.), 25 February, 2000 (25.02.00), Par. Nos. [0014] to [0017], [0027]; Figs. 2, 8 & EP 969609 A2 & US 6631268 B1	2, 24, 32
Y	JP 9-036891 A (International Business Machines Corp.), 07 February, 1997 (07.02.97), Par. Nos. [0016] to [0018], [0025] to [0028]; Figs. 1, 2 & EP 752764 A2 & US 5771462 A	15, 28-32
A	JP 6-021870 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 28 January, 1994 (28.01.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-33

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04Q7/36 H04L12/28 H04B10/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04B7/24-7/26 H04Q7/00-7/38
H04B10/00-10/30 H04L12/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 9-064815 A (日本電気株式会社) 1997.03.07 全文, 全図	1
Y	(ファミリーなし)	2, 15-33
X	JP 8-018616 A (日本電気株式会社) 1996.01.19 全文, 全図	1
Y	(ファミリーなし)	2, 15-33

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26.10.2004

国際調査報告の発送日

16.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
伏本 正典

5 J

9372

電話番号 03-3581-1101 内線 3534

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2001-045042 A (松下電器産業株式会社) 2001.02.16	1
Y	【0018】段落～【0021】段落, 【0211】段落～【0258】段落, 第1図, 第7図 (ファミリーなし)	2, 15-33
Y	JP 2000-059849 A (ノキア モービル フォーンズ リミテッド) 2000.02.25 【0014】段落～【0017】段落, 【0027】段落, 第2図, 第8図 & EP 969609 A2 & US 6631268 B1	2, 24, 32
Y	JP 9-036891 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コ ーポレーション) 1997.02.07 【0016】段落～【0018】段落, 【0025】段落～【0028】段落, 第1図, 第2図 & EP 752764 A2 & US 5771462 A	15, 28-32
A	JP 6-021870 A (日本電信電話株式会社) 1994.01.28 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-33